

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

**НТУУ  
"КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ  
ІНСТИТУТ"**



**МЕХАНІКО-  
МАШИНОБУДІВНИЙ  
ІНСТИТУТ**



**КАФЕДРА  
ТЕХНОЛОГІЇ  
МАШИНО-  
БУДУВАННЯ**



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО  
ЗАГОТОВОК»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ШТАМПОВАНИХ  
ЗАГОТОВОК**

**ЧАСТИНА II**



**НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
2017**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ДО ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ  
З ДИСЦИПЛІНИ «ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО  
ЗАГОТОВОК»**

Для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка».

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ШТАМПОВАНИХ  
ЗАГОТОВОК**

**ЧАСТИНА II**

Затверджено Методичною радою ММІ НТУУ «КПІ»

**НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»  
2017**

Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво штампованих заготовок. (Частина II). Укладачі: Добрянський С.С., к.т.н., доц., Малафєєв Ю.М. к.т.н., доц. / НТУУ «КПІ», 2017. - 70ст. Затверджено Методичною радою ММІ НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». [Електронний ресурс].

*Гриф надано Методичною радою ММІ НТУУ «КПІ»  
(Протокол №1 від 28.08.2017 р.)*

Навчальне видання

Методичні вказівки

до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво штампованих заготовок.  
(Частина II).

Укладачі: Добрянський Станіслав Спиридонович,  
канд. техн. наук, доцент;  
Малафєєв Юрій Михайлович,  
канд. техн. наук, доцент;

Відповідальний редактор: Ю.В. Петраков, д-р техн. наук, професор

Рецензенти: В.П. Котляров, д-р техн. наук, професор  
В.А. Ковальов, канд. техн. наук, доцент

*За редакцією викладачів  
Надруковано з оригінал-макета замовника*

# 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1. Мета та завдання роботи

Вирішення завдань економії металу, енергоресурсів та трудових затрат при виготовленні машин можливе тільки при застосуванні прогресивних та маловідходних технологій.

Значні резерви зменшення витрат металу, підвищення якості продукції та зниження її вартості приховані в удосконаленні заготовочного виробництва, в тому числі обробки металів тиском. Упровадження нових і удосконалення існуючих технологічних процесів кування та штампування дозволяють знизити трудомісткість виготовлення виробів і витрати металу, зменшити припуски на обробку різанням, збільшити вихід придатної продукції.

Мета розрахунково-графічної або контрольної роботи - закріпити та поглибити теоретичні знання, отримані при вивченні дисципліни "Проектування та виробництво заготовок", набути навички самостійного проектування штампованої заготовки і розробки технологічного процесу її виготовлення.

При виконанні роботи студент повинен вирішити такі завдання: визначити групу серійності (тобто тип виробництва), ступінь складності та клас точності штампованої заготовки; розробити креслення заготовки, технічні вимоги до її виготовлення та схему технологічного процесу; підібрати обладнання та інструмент; визначити переходи штампування і за збільшеними показниками вартість виготовлення штампованої заготовки; розробити питання термічної обробки, заключної обробки та контролю якості поковки, охорони праці та навколишнього середовища.

При виконанні роботи студенти використовують вихідні дані з завдання на курсову або контрольну роботу, методичні вказівки, лекційний

матеріал, довідники, стандарти та інші літературні джерела, а також знання, одержані ними при вивченні дисциплін "Технологічні процеси машинобудівних виробництв", "Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання", "Нарисна геометрія та інженерна графіка", "Матеріалознавство", "Опір матеріалів", "Деталі машин та основи конструювання" та ін.

Знання та навички, одержані в результаті виконання роботи, студенти використовують при виконанні курсових та дипломного проектів, вивченні дисциплін "Основи технології машинобудування", "Типові технологічні процеси", "Технологічні процеси для верстатів з ЧПК", "Проектування технологічного оснащення", "Автоматизація технологічних процесів у машинобудуванні" та ін.

## 1.2. Тема та обсяг розрахунково-графічної або контрольної роботи.

Тема роботи - "Проектування та виготовлення штампованої заготовки".

Навчальним планом спеціальності 131. «Прикладна механіка» по дисципліні "Проектування та виробництво заготовок" передбачено виконання розрахунково-графічної роботи студентами денної та вечірньої форм навчання і двох контрольних робіт студентами-заочниками. Оскільки в машинобудуванні найширше застосовують литі та штамповані заготовки, з проектуванням котрих студентам необхідно ознайомитись, то робота "Проектування та виробництво штампованих заготовок" є другою частиною курсової роботи для студентів денної та вечірньої форм навчання, або другою контрольною роботою для заочників. Першою частиною курсової роботи або першою контрольною роботою була робота "Проектування та виробництво литих заготовок".

Робота "Проектування та виробництво штампованих заготовок (назва та позначення деталі)" включає розробку креслення і схеми технологічного процесу виготовлення штампованої заготовки нескладної деталі з річною програмою випуску, що відповідає переважно велико-, середньо- або малосерійному виробництву. Зміст і порядок виконання роботи викладені в [1].

Викладач видає кожному студентові індивідуальне завдання на курсову роботу у вигляді номера завдання або креслення деталі з зазначенням річної програми випуску в штуках. Студент зобов'язаний зняти копію креслення деталі на ватмані, заповнити штамп і укласти копію креслення в роботу. Найкращий масштаб 1:1.

Керівник повинен видати завдання на першому практичному занятті (консультації), але не пізніше двотижневого строку після початку семестру. Завдання на курсову роботу оформляється на спеціальному бланку. Строк виконання другої частини курсової роботи - не пізніше ніж за 10 днів до початку сесії. Оформлене завдання на курсову роботу підписують керівник та студент і підшивають у розрахунково-пояснювальну записку після титульного аркуша.

### 1.3. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини

Розрахунково-пояснювальна записка (РПЗ) до курсової або контрольної роботи повинна бути написана темним чорнилом або кульковою ручкою на аркушах писального паперу формату А4 (297x210мм) з одного боку аркуша. Розміри полів: лівого - 35 мм, правого - 10мм, верхнього та нижнього - по 20 мм. Усі сторінки записки повинні мати наскрізну нумерацію.

Обкладинку РПЗ виконують з щільного білого паперу. Титульний

аркуш є першим аркушем записки і оформляється у відповідності зі зразком, наведеним у розд. 2.

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити: титульний аркуш; завдання на виконання курсової роботи; зміст; вступ; призначення та конструктивні особливості деталі; характеристику фізико-механічних та хімічних властивостей матеріалу деталі; визначення групи серійності виробництва, ступеня складності та класу точності поковки; розробку креслення та технічних умов на виготовлення штампованої заготовки; розробку схеми технологічного процесу виготовлення поковки з підбором обладнання, призначення площини рознімання штампа, визначення маси, розмірів вихідної заготовки та кількості переходів штампування з ескізами рівчаків штампа або з проміжними ескізами заготовки; розрахунок вартості заготовки; питання термічної та заключної обробки поковки, її контролю; охорона праці та навколишнього середовища; висновки.

Графічна частина роботи включає вихідне креслення деталі, креслення поковки і ТУ на її виготовлення, ескізи вихідної заготовки та рівчаків штампа або проміжні ескізи заготовки за переходами, а також остаточне креслення деталі з урахуванням технічних умов, штампувальних уклонів, напусків та допусків, призначених при проектуванні поковки. Ці документи повинні бути виконані у відповідності з вимогами ГОСТ 3.1126-88 та ЄСКД. Графічну частину РПЗ виконують на ватмані олівцем або тушшю і підшивають (або укладають) у кінці РПЗ. Остаточну оформлену роботу рекомендується укласти в папку (одну на розрахунково-графічну роботу) і підписати її за зразком титульного аркуша.

#### 1.4. Захист розрахунково-графічної роботи

Плановий захист розрахунково-графічної роботи, що складається з двох частин ("Проектування та виготовлення литої заготовки ..." і

"Проектування та виготовлення штампованої заготовки..."), проводиться протягом двох тижнів (але не пізніше ніж за десять днів до початку екзаменаційної сесії) перед викладачем у присутності інших студентів. Захист складається з короткої доповіді студента (3...5 хв.), в якій він викладає зміст виконаної роботи, і відповідей на запитання.

За результатами захисту в окрему відомість та залікову книжку студента виставляється оцінка «відмінно», «добре» або «задовільно».

Захист розрахунково-графічної роботи в період екзаменаційної сесії не дозволяється. Студенти, які не захистили роботу, до складання заліку з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» не допускаються.

Керівник проектування повинен організувати зберігання захищених курсових робіт з реєстрацією за академічними групами.

У розд.2 наведений приклад виконання другої частини курсової роботи, де внаслідок обмежень площі деякі графічні матеріали показані спрощено, без необхідної деталізації. Крім того, різні види та перерізи на кресленні деталі або заготовки наведені на різних сторінках.

Там же повністю наведений приклад проектування креслення і технологічного процесу поковки, виготовленої штампуванням на гарячештампувальному кривошипному пресі. Крім того, наведені неповні приклади проектування креслень і розробки технологічних процесів виготовлення поковок, які штампують на пароповітряних молотах та горизонтально-кувальних машинах.

Для успішного виконання роботи рекомендується уважно вивчити держстандарти, наведені в дод.1, а також літературу, вказану в списку літератури.



## 2. ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування  
РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА З ДИСЦИПЛІНИ  
«ПРОЕКТУВАННЯ ТА ВИРОБНИЦТВО ЗАГОТОВОК»

Частина 2

Розробка креслення та технології виготовлення  
штампованої заготовки зубчастого колеса 18.01.005

Розробив студент гр. МТ-.... (підпис)

Герасимчук Т.І.

«\_\_\_»\_\_\_\_\_2017 р.

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(прізвище, ініціали)

Робота захищена з оцінкою «\_\_\_\_\_» «\_\_\_\_\_»

2017р.

Кількість набраних балів \_\_\_\_\_

Підпис керівника \_\_\_\_\_

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

2017

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»  
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ  
Кафедра технології машинобудування

ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ РОБОТУ

(частина 2)

з дисципліни “Проектування та виробництво заготовок”

Група \_\_\_\_\_ Студент \_\_\_\_\_ Дата видання \_\_\_\_\_

Строк виконання \_\_\_\_\_ Керівник роботи \_\_\_\_\_

Найменування завдання

Розробка креслення та технологічного процесу виготовлення штампованої заготовки зубчастого колеса 18.01.005.

Вихідні дані: 1.Річна програма - 24 тис. деталей.

2.Креслення деталі і ТУ на її виготовлення.

3. Методичні вказівки. ГОСТи. довідники та інша література.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

Вступ. Призначення та конструктивні особливості деталі. Характеристика фізико-механічних та хімічних властивостей матеріалу деталі. Визначення групи серійності, ступеня складності і класу точності поковки, визначення вихідного індексу. Розробка креслення і ТУ на виготовлення штампованої заготовки. Розробка схеми технологічного процесу виготовлення поковки. Визначення вартості заготовки. Термічна і остаточна обробка поковки. Охорона праці та навколишнього середовища. Висновки.

## Зміст графічної частини

Вихідне креслення деталі. Креслення поковки. Проміжні ескізи заготовки за переходами або рівчаків штампа. Остаточне креслення деталі.

### 2.1. Вступ

Колесо зубчасте 18.01.005 (дод.2) є важконавантаженою деталлю, до котрої пред'являються підвищені вимоги за міцністю, твердістю поверхонь зубів і точністю. Заготовки таких важконавантажених деталей доцільно виготовляти методом пластичної деформації.

Кування та штампування деталей машин широко застосовуються через високу продуктивність та економічність, а також завдяки однорідній та дрібнозернистій структурі металу. Економне витрачання металу при виготовленні поковок закладено в самій ідеї пластичного формоутворення при обробці тиском, яка полягає в перетворенні вихідної заготовки простої форми в поковку більш складної форми такого ж об'єму.

Можливість використання високих і навіть надвисоких швидкостей деформування, швидкохідність сучасних ковальсько-пресових машин і невелика кількість необхідних відносно нескладних технологічних операцій обумовлюють короткочасність робочого циклу і високу продуктивність ковальсько-штампувального виробництва. Ковані та штаповані вироби відрізняються високими механічними властивостями, доброю структурою металу. Загально-відомо, що кращий метал – деформований, а потім термічно оброблений.

### 2.2. Призначення та конструктивні особливості деталі

Деталь "Колесо зубчасте 18.01.005" (дод.2) призначена для передавання крутного моменту з одного вала на інший за допомогою

зубчастого зачеплення.

Зубчаста передача в найпростішому вигляді – це трьохланковий механізм з вищою кінематичною парою, він може розглядатися як багаторазова кулачкова передача, призначена для надання безперервного обертального руху з заданим відношенням кутових швидкостей. При роботі зубчастих коліс зуби одного колеса входять у западини іншого, завдяки чому створюється можливість передавання обертального руху шляхом безпосереднього тиску бокової поверхні ведучого колеса на бокову поверхню веденого колеса, яка стикається з нею.

Аналіз конструктивних особливостей зубчастого колеса, виконуваний за робочим кресленням, дозволяє зробити наступні висновки: габаритні розміри – 232×65 мм, матеріал деталі – сталь 25ХГТ, ГОСТ 4543-71. До деталі пред'являються високі вимоги по забезпеченню точності та шорсткості робочих поверхонь, твердості зубів. Деталь має точний отвір  $\varnothing 68H7$ , за допомогою якого колесо зубчасте базується на валі, і зовнішній зубчастий вінець підвищеної твердості для передавання крутного моменту між валами. Відсутність шпонкового паза в отворі  $\varnothing 68H7$  підтверджує, що колесо на валі обертається вільно, а крутний момент передається за допомогою зубчастої муфти, зуби якої входять у зачеплення з внутрішнім зубчастим вінцем  $\varnothing 85H15$ . Інші поверхні зубчастого колеса неточні і тому підвищені вимоги до них не пред'являються.

Відмітимо, що в ТУ на виготовлення зубчастого колеса (дод.2) навмисно виключені пункти, що характеризують заготовку і можуть бути занесені в креслення деталі тільки після розробки креслення поковки та технологічного процесу її виготовлення. Після розробки креслення заготовки ряд пунктів, що характеризують поковку, вносяться в технічні умови, приведені на остаточному кресленні деталі.

Маса деталі - 7,4 кг.

На кресленні деталі наведені усі необхідні для її виготовлення

розміри з допусками, указані граничні відхилення форми і розміщення поверхонь, шорсткість оброблених поверхонь, вимоги до зубчастого зачеплення, матеріал та маса деталі.

### 2.3. Характеристика хімічних та фізико-механічних властивостей матеріалу зубчастого колеса

Для виготовлення зубчастого колеса використовують конструкційну леговану хромомарганцевисту сталь 25ХГТ, ГОСТ 4543-71.

Хімічний склад та фізико-механічні властивості цієї сталі наведені в табл.1 та 2 ([3], табл. 17 та 18).

Хромомарганцевисту сталі застосовують для виготовлення шестірень коробок передач, розподільних валиків, штовхачів клапанів, кілець шарикопідшипників та ін.

Таблиця 1

Хімічний склад, %, та твердість конструкційної легової сталі в стані поставки

| Сталь | Елементи        |                 |                 |                |                 | Число твердості НВ (не більше) |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|--------------------------------|
|       | С               | Si              | Mn              | Cr             | Ti              |                                |
| 25ХГТ | 0,22...<br>0,29 | 0,17...<br>0,37 | 0,80...<br>1,10 | 1,0...<br>1,30 | 1,03...<br>0,09 | 217                            |

Таблиця 2

Характеристика механічних властивостей конструкційної легованої сталі

| Сталь | Термообробка                        |                         |                                     |                         |                                     | $\sigma_T$                      | $\sigma_B$ ,                    | $\delta_5$ , | $\psi$ , |
|-------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------|----------|
|       | Гартування                          |                         | Відпуск                             |                         |                                     | МПа                             | Мпа                             | %            | %        |
|       | Температура, °С                     |                         | Сере-<br>довище<br>охолод-<br>ження | Темпе-<br>ратура,<br>°С | Сере-<br>довище<br>охолод-<br>ження | $\left(\frac{кгс}{мм^2}\right)$ | $\left(\frac{кгс}{мм^2}\right)$ |              |          |
|       | 1-го гартування<br>або нормалізації | 2-го<br>гарту-<br>вання |                                     |                         |                                     | Не менше                        |                                 |              |          |
| 25ХГТ | 800. ..950 повітря                  | 850                     | Масло                               | 200                     | Вода<br>або<br>масло                | 1000<br>/100/<br>1100<br>/110/  | 1300<br>/130/<br>1500<br>/150/  | 9<br>10      | 45<br>50 |

У табл. 2 використані такі позначення:  $\sigma_T$  - границя текучості;  $\sigma_B$  - тимчасовий опір;  $\delta_5$  - відносне видовження;  $\psi$  - відносне звуження.

#### 2.4. Визначення групи серійності, способу штампування, класу точності, ступеня складності та вихідного індексу поковки

Визначення типу виробництва (групи серійності) необхідне для подальшого правильного призначення способу виготовлення поковки, розробки її креслення і технологічного процесу.

Для визначення групи серійності необхідно знати річну програму випуску деталей в штуках та масу поковки. Точну масу поковки можна визначити тільки після розробки її креслення. Орієнтовну величину

розрахункової маси поковки визначимо за формулою (ГОСТ 7505-89, с.8)

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \cdot k_{\text{р}}, \quad (1)$$

де  $M_{\text{пр}}$  - розрахункова маса поковки, кг;

$M_{\text{д}}$  - маса деталі, кг;

$k_{\text{р}}$  - розрахунковий коефіцієнт (ГОСТ 7505-89, табл.20).

Прийнявши  $k_{\text{р}} = 1,5$  визначаємо орієнтовну масу поковки

$$M_{\text{пр}} = 1,5 \cdot 7,4 = 11,1 \text{ кг.}$$

Згідно з Прейскурантом № 25-01, 1991 р. ([1], дод.3) для поковок масою від 10 до 25 кг при річній програмі випуску 24 тис. деталей група серійності – 2, тобто тип виробництва - великосерійне (ВСВ). Відмітимо, що для механічної обробки різанням тип виробництва визначається за іншими таблицями та методикою.

У ВСВ поковки виготовляють тільки штампуванням у відкритих або закритих штампах. З найбільш розповсюджених способів штампування ([4], табл. 1.5) для виготовлення поковок шестерень з зовнішнім діаметром 250 мм рекомендують гаряче штампування на молотах або на кривошипних пресах.

Ураховуючи, що штампування на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП) відрізняється більш високою продуктивністю і точністю, ніж штампування на молотах, поковку зубчастого колеса будемо виготовляти на КГШП у відкритих штампах з виштовхувачами. Нагрівають заготовку в полуменевій печі.

Відмітимо, що найбільш правильно вибрати спосіб виготовлення штампованої заготовки можна тільки з урахуванням повної вартості виготовлення деталі, яка включає вартість металу, затрати на виготовлення заготовки та її механічну обробку різанням.

Згідно з ГОСТ 7505-89, за таблицею 19 приймаємо клас точності

поковки – Т4.

Згідно з Прейскурантом 25-01, 1991р. ([1], дод.3) групу складності штампованої заготовки визначають за шістьма критеріями і остаточно приймають найвищу групу складності.

1. Відношення маси (об'єму) гарячої поковки до маси (об'єму) простої геометричної фігури, в яку вписується гаряча поковка (детально див. ГОСТ 7505-89, дод.2):

$$C = \frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}}. \quad (2)$$

З достатньою точністю в розрахунково-графічній роботі попередньо можна прийняти:

$$C = \frac{G_{\text{Д}}}{G_{\Phi}}.$$

де  $G_{\text{Д}}$  - маса деталі,  $G_{\Phi}$  - маса простої фігури, в яку вписується деталь. Зубчасте колесо вдало вписується в циліндр діаметром  $D = 23,2$  см та висотою  $H = 6,5$  см, тобто

$$G_{\Phi} = V_{\Phi} \cdot \gamma = \pi \cdot R^2 \cdot H \cdot \gamma = 3,14 \cdot 11,6^2 \cdot 6,5 \cdot 7,85 = 21559 \text{ г} = 21,6 \text{ кг},$$

де  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$  - густина сталі 25ХГТ.

Тоді  $C = 7,4/21,6 = 0,34$ , тобто поковка належить до другого ступеня складності С2.

2. Наявність тонких елементів ([1], дод.3; [11], дод.2). Такими елементами є:

а) диск між зовнішнім вінцем і маточиною товщиною  $\approx 12$  мм. Для цього елемента (дод.4)  $t/(D - d) = 12/(190-108) = 0,146$ , тобто за цим показником поковка належить до ступеня складності С4;

б) тонка перемичка товщиною 7 мм. (дод.4) під пробивання центрального отвору в маточині. Для цього елемента  $t/D = 7/52 = 0,135$ ,



тобто за цим показником поковка також належить до ступеня складності С4.

3. Наявність ребер, виступів. Такими виступами є виступи в зоні маточини (дод.4) з висотою  $h = 34,4$  мм. (діаметри 62 та 87 мм) і середньою шириною  $v_{сер} = 16,1$  мм. (розрахунок  $h$  та  $v_{сер}$  тут не приведено). За відношенням  $h/v_{сер} = 34,4/16,1 = 2,136$  поковка належить до ступеня складності С4.

4. Наявність заглибин. Такою є заглибина з більшим діаметром 62 мм і глибиною  $h = 34,4$  мм. Середній діаметр  $d_{сер} = 57,8$  мм (розрахунок  $d_{сер}$  тут не приведено). За відношенням  $h/d_{сер} = 34,4/57,8 = 0,6$  поковка належить до ступеня складності С2.

5. Наявність отворів, які прошиваються. У поковці прошивається центральний отвір (дод.4)  $\varnothing 52$  мм,  $h = 71$  мм. За відношенням  $h/d=71/52=1,36$  поковка належить до ступеня складності С4.

6. Кількість технологічних переходів. Попередній аналіз показує, що заготовку зубчастого колеса можна виготовити за 3 переходи (осадка; штампування; обрізування облою та пробивання отвору). Тобто за кількістю переходів поковка відноситься до ступеня складності С2 ([1], дод.3)

Остаточного приймаємо ступінь складності поковки - С4.

У зв'язку з тим, що сумарна доля легуючих елементів у сталі 25ХГТ перевищує 2,0%, то група сталі М2 (ГОСТ7505-89, табл. 1).

Приймаємо конфігурацію поверхні рознімання штампа плоску - П.

Для наведених умов згідно з ГОСТ7505-89 за таблицею 2 вихідний індекс -17.

## 2.5. Розробка креслення та технічних умов на виготовлення штампованої заготовки

Креслення поковки необхідне для визначення маси та розмірів вихідної заготовки, з якої виготовляють поковку, розробки технологічного процесу і призначення кількості переходів при штампуванні, проектування штампів.

Розробка креслення штампованої заготовки включає вибір поверхонь рознімання штампів, призначення припусків, допусків та напусків, визначення штампувальних уклонів, радіусів заокруглень, конструювання позначень та отворів.

При розробці креслення поковки використовують креслення готової деталі, ГОСТ 7505-89 та ГОСТ 3.1126-88 [1]. При цьому урахуємо спосіб виготовлення - штампування у відкритих штампах на КГШП, вихідний індекс - 17.

Аналіз креслення деталі (дод.2) показує [1], що як поверхню рознімання штампа доцільно призначити площину, що співпадає з площиною симетрії зубчастого вінця колеса. При цьому урахуємо, що при штампуванні на пресах метал краще заповнює нижню частину штампа, ніж верхню, тобто більш довга маточина  $\varnothing 87$  мм. повинна формуватися в нижній частині штампа.

Згідно з ГОСТ 7505-89 з метою економії металу та зниження трудомісткості механічної обробки в поковці необхідно прошити центральний наскрізний отвір, який одержимо прошивкою з двох боків заглибин (позначень) у остаточному ривчаку штампа і дальшим пробиванням наскрізного отвору з видаленням перемички в обрізному штампі суміщеної дії.

Чотири отвори  $\varnothing 30$  мм. одержимо свердлінням або пробиванням у окремому штампі.

Ураховуючи, що допуски на розміри поковки залежать від величини цих розмірів, спочатку за табл.3 ГОСТ 7505-89 визначаємо основні припуски на обробку поверхонь та розміри штампованої заготовки (вихідний індекс - 17).

Для визначення додаткових припусків згідно п.4.3 ГОСТ 7505-89 необхідно виходити з форми поковки та технології її виготовлення.

Технологія виготовлення поковки викладена раніше. При механічній обробці точінням на першій операції за чорнову технологічну базу приймаємо довшу маточину  $\varnothing 87$  мм та торець вінця колеса  $\varnothing 232$  мм з боку довшої маточини. За чистову технологічну базу на подальших операціях приймаємо оброблений центральний отвір маточини та оброблений торець з боку коротшої маточини.

Результати розрахунку припусків на механічну обробку наведені в табл. 3.

При визначенні додаткових припусків ураховуємо фактори, указані в п.4.3 ГОСТ 7505-89.

При обробці  $\varnothing 232$  мм необхідно призначити додатковий припуск, що враховує зміщення по поверхні рознімання штампів. Згідно з табл.4 ГОСТ 7505-89 для поковки масою 10...20 кг, клас точності Т4, з плоскою поверхнею рознімання штампа додатковий припуск на сторону дорівнює 0,4 мм.

При обробці отворів  $\varnothing 68H7$  та  $\varnothing 78$  також необхідно призначити додатковий припуск, який враховує зміщення штампів, тому що ці отвори прошиваються з двох боків, а за чорнову технологічну базу прийнято маточину  $\varnothing 87$  мм. Згідно з табл.4 ГОСТ 7505-89 для цих отворів додатковий припуск також дорівнює 0,4 мм.

Для розміру 65 мм, ураховуючи відносно невеликий діаметр маточини та її жорстку конструкцію (невелике жолоблення), додатковий припуск можна не призначати.

Таблиця 3

Припуски на сторону та розміри основних оброблених поверхонь  
поковки, мм /ГОСТ 7505-89/

|     |   |              |              |              |             |             |
|-----|---|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|
| 1.  | Розмір поверхні деталі, обробленої різанням                             | Ø232         | Ø68H7        | Ø 78         | 65          | 30          |
| 2.  | Шорсткість обробленої поверхні, Ra мкм                                  | 10           | 2,5          | 10           | 10          | 10          |
| 3.  | Геометричний параметр поковки<br>(за п. 1.10.1 ГОСТ 7505-89)            | D<br>діаметр | d<br>діаметр | d<br>діаметр | T<br>товщин | T<br>товщин |
| 4.  | Основний припуск на сторону (табл.3, ГОСТ 7505-89)                      | 3,2          | 2,7          | 2,7          | 3,2         | 2,7         |
| 5.  | Додатковий припуск на сторону   | 0,4          | 0,4          | 0,4          | -           | 0,5         |
| 6.  | Сумарний припуск на сторону (розрахунковий)                             | 3,6          | 3,1          | 3,1          | 3,2         | 3,2         |
| 7.  | Розрахунковий розмір поковки  | Ø 239,2      | Ø61,8        | Ø71,8        | 71,4        | 36,4        |
| 8.  | Прийнятий розмір поковки  | Ø 239,5      | Ø61,5        | Ø71,5        | 71,5        | 36,5        |
| 9.  | Фактичний припуск на сторону  | 3,75         | 3,25         | 3,25         | 3,25        | 3,25        |
| 10. | Технологічний напуск на сторону що враховує штампувальні уклони (дод.3) | 1,6          | 2,9          | 7,9          | -           | -           |
| 11. | Розмір поковки з урахуванням штампувального уклону                      | Ø 242,7      | Ø55,7        | Ø55,7        | -           | -           |

На розмір 30 мм, урахуваючи великий діаметр вінця колеса та відносно невелику товщину, необхідно призначити додатковий припуск, що враховує зігнутість та відхилення від площинності. Згідно з табл.5 ГОСТ 7505-89 він дорівнює 0,5 мм.

Визначаємо розміри оброблених поверхонь поковки і згідно з п.4.4. ГОСТ 7505-89 округлюємо їх з точністю до 0,5 мм у бік збільшення

припуску (табл.3).

Допуски та допустимі відхилення лінійних розмірів призначаємо з урахуванням вихідного індексу 17 та розмірів поковки за табл.8 ГОСТ 7505-89. Допуск визначаємо на основні оброблювані та необроблювані поверхні поковки (8-12 поверхонь). Результати визначення допусків на розміри поковки наведені в таблиці 4.

При цьому враховувалось, що призначення припусків на оброблювані поверхні приводить до зміни відстані від необроблюваної поверхні поковки до оброблюваної (наприклад, відстань 9 мм від торця вінця деталі до перемички товщиною 12 мм на поковці буде дорівнювати  $9+3,25=12,25$  мм). Такі розміри не округлювались до 0,5 мм, щоб після механічної обробки витримувались розміри готової деталі.

Відмітимо, що при складанні табл.4 згідно з п. 5.2 ГОСТ 7505-89 допуски на внутрішні розміри приймають зі зворотним знаком, а допуски на відхилення розмірів, які відображають односторонній знос штампа, дорівнюють 0,5 від величини, наведеної в табл. 8 (на розміри 15 та 9 мм).

Згідно з пунктом 5.3 ГОСТ 7505-89 допуски та допустимі відхилення розмірів товщини, які враховують недоштамбування, установлюються за найбільшою товщиною поковки, що дорівнює 65 мм, і поширюються на усі розміри її товщини, у тому числі на розміри 30 та 12 мм.

Після визначення допусків та допустимих відхилень лінійних розмірів поковки необхідно визначити допустимі відхилення форми та розташування поверхонь (п.п. 5.7 - 5.17, 5.20, 5.22, - 5.24 ГОСТ 7505-89), які згідно з п.5.26 є самостійними і не залежать від допусків та допустимих відхилень розмірів поковки. Значення цих відхилень указують на кресленні поковки або в ТУ на її виготовлення.

Таблиця 4

Основні розміри деталей, поковки та допуски на розміри поковки, мм /ГОСТ 7505-89/

| Розмір деталі  | Ø232         | Ø68H7        | Ø78          | 65           | 30           | Ø108         | Ø87          | 12           | 15            | 9            | Ø190         |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Геометричний параметр<br>(за п. 1.10.1 ГОСТ 7505-89) | D<br>діам.   | d<br>діам.   | d<br>діам.   | T<br>товщ.   | T<br>товщ.   | D<br>діам.   | D<br>діам.   | T<br>товщ.   | H<br>висота.  | h<br>глибин  | d<br>діам.   |
| Характер розміру                                     | зовн.        | внутр.       | внутр.       | зовн.        | зовн.        | зовн.        | зовн.        | зовн.        | зовн.         | внутр.       | внутр.       |
| Припуск на обробку                                   | 3,75         | 3,25         | 3,25         | 3,25         | 3,25         | -            | -            | -            | 3,25 - 3,25=0 | 3,25         | -            |
| Розмір поковки                                       | Ø239,5       | Ø61,5        | Ø71,5        | 71,5         | 36,5         | Ø108         | Ø87          | 12           | 15            | 12,25        | Ø190         |
| Допуск на розмір поковки                             | +3,3<br>-1,7 | +1,3<br>-2,7 | +1,3<br>-2,7 | +3,0<br>-1,5 | +3,0<br>-1,5 | +3,0<br>-1,5 | +2,7<br>-1,3 | +3,0<br>-1,5 | +1,2<br>-0,6  | +0,6<br>-1,2 | +1,7<br>-3,3 |

Для поковки колеса зубчастого за ГОСТ 7505-89 знаходимо:

1. Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампа - до 1,0 мм (п. 5.7, табл.9);
2. Допустима величина залишкового облою - до 1,2 мм (п.5.8, табл.10);
3. Допустима величина висоти задирки на поковці по контуру обрізки облою не повинна перевищувати 5 мм (п.5.10);
4. Допустиме найбільше відхилення від концентричності пробитого в маточині поковки отвору - до 1,5 мм (п.5.15, табл.12);
5. Допустиме відхилення торця вінця поковки  $\varnothing 239,5$  мм від площинності - до 1,0 мм (п.5.16, табл.13);
6. Допуск радіального биття циліндричних поверхонь поковки не повинен перевищувати 2,0 мм (п.5.17, табл. 13).

Глибина западин від виштовхувачів не повинна перевищувати 0,5 величини фактичного припуску (п. 5.22).

На кресленні поковки крім припусків та допусків на розміри поверхонь повинні бути указані радіуси закруглень зовнішніх кутів та ковальські напуски (внутрішні радіуси закруглень, штампувальні уклони, перемички отворів), які доповнюють припуски.

Згідно з табл. 7 ГОСТ 7505-89 при глибині порожнини рівчака 25-50 мм та масі поковки 6,3...16,0 кг мінімальний радіус  $r$  закруглення зовнішніх кутів не повинен бути меншим 3 мм. Ураховуючи, що величина допуску на  $r$  дорівнює 1,0 мм (табл.17), остаточно приймаємо  $r = 3^{+1,0}$  мм.

Згідно з рекомендаціями, наведеними в [1], внутрішні радіуси  $R$  галтелей приймаємо у два рази більшими, тобто  $R = 6^{+2,0}$  мм.

Штампувальні уклони полегшують видалення поковки з рівчака. Проте їх величина повинна бути мінімальною, оскільки їх зменшення сприяє зниженню маси поковки, зменшенню напусків та трудомісткості

при обробці різанням. При наявності штампувальних уклонів зменшується вертикальне зусилля, необхідне для переборювання сил тертя, та зменшується шлях, на якому ці сили переборюються. При цьому в процесі видалення поковки з штампа сили тертя зменшуються настільки, що завдання практично зводиться до того, щоб тільки зрушити поковку з місця.

Згідно з табл. 18 ГОСТ 7505-89 при штампуванні на пресах з виштовхувачами приймаємо значення зовнішніх уклонів рівним  $5^\circ$ , а внутрішніх -  $7^\circ$ . Але аналіз креслення колеса зубчастого показує, що отвір  $\varnothing 68H7$  з боку внутрішнього зубчастого вінця має ступінчасту форму. Контур уступу направлений до осі отвору  $\varnothing 68H7$  під кутом  $\alpha = 15^\circ$  ( $\text{tg } \alpha = (78-68/2)/(12+6) = 0,27$ ). Тому доцільно штампувальний уклон у центральному отворі з боку внутрішнього зубчастого вінця прийняти рівним  $15^\circ$ .

При призначенні штампувальних уклонів необхідно уточнити, як повинна бути розміщена поверхня рознімання штампа відносно поковки, де на її фігурі повинна знаходитися лінія рознімання, що указує границю між елементами поковки, котрі формуються у верхній частині штампа, та елементами, які формуються в нижній частині. У площині рознімання ця лінія завжди проходить по зовнішньому контуру поковки. При штампуванні у відкритому ривчаку для забезпечення доброго зрізання облою лінію рознімання встановлюють так, щоб на боковій поверхні поковки були штампувальні уклони, що ідуть у два боки, тобто вгору та вниз від лінії рознімання. Виходячи з викладеного, встановлено, що положення площини рознімання штампа залишається таким, як було попередньо призначено, і проходить через площину симетрії зовнішнього зубчастого вінця.

Розміри облойних канавок відкритих штампів пресів різні і змінюються в залежності від маси поковки і ступеня попереднього



формування заготовки.

Найширше застосовують канавки, профіль яких показаний на рис.1.

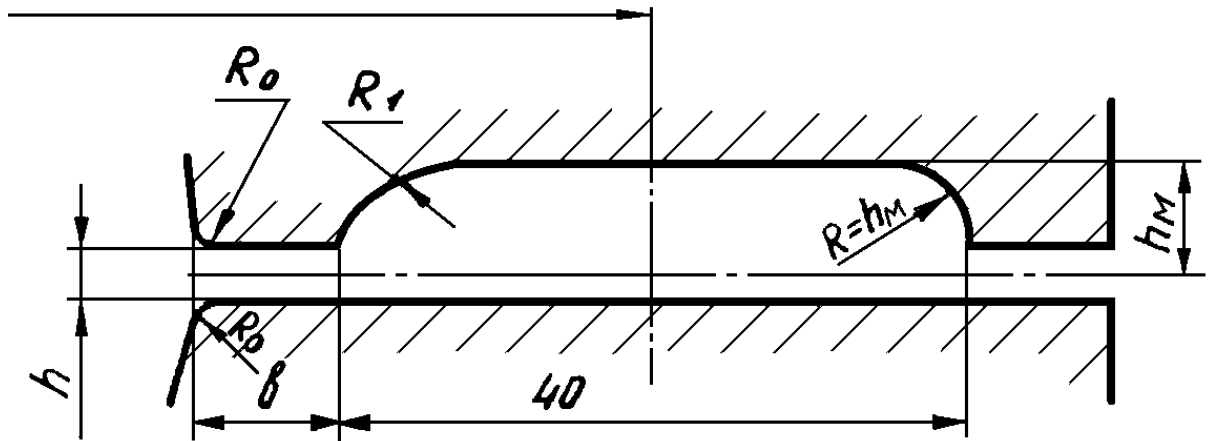


Рис.1. Профіль облойної канавки

При штампуванні на пресі розмір  $h$ , що визначає товщину облою за мостиком, не повинен бути меншим від пружної деформації преса, значення якої залежить від зусилля, що розвивається в кожному окремому випадку. При заданому розмірі  $h$  та інших рівних умовах опір деформації металу в остаточному ривчаку визначається шириною  $b$  порога канавки. Чим більша ширина  $b$ , тим більший опір металу деформації.

Для поковок масою від 5 до 12 кг площа поперечного перерізу облойної канавки:  $F_{\text{обл}} = 3,2 \text{ см}^2$  [1]. Орієнтовні розміри елементів облойної канавки наведені в ([5], табл.55; ([6], табл.9.1).

Остаточно приймаємо:  $h=2,5 \text{ мм}$ ;  $b=6 \text{ мм}$ ;  $h_M = 6 \text{ мм}$ ;  $R_1=15 \text{ мм}$ ;  $R_0=1,5 \text{ мм}$ ;  $F_{\text{обл}} = 3,05 \text{ см}^2$

Згідно з ([6], табл.8.5) товщину перемички під прошивку отвору (рис.2) визначаємо за формулою:

$$S = 0,45\sqrt{D - 0,25h - 5} + \sqrt{0,6h}, \quad (3)$$

де  $D$ ,  $h$  - відповідно діаметр та глибина прошитої порожнини.

Для  $D = 72 \text{ мм}$  та  $h = 33 \text{ мм}$  маємо:

$$S = 0,45\sqrt{72 - 0,25 \cdot 33 - 5} + \sqrt{0,6 \cdot 33} = 6,89 \approx 7 \text{ мм}.$$

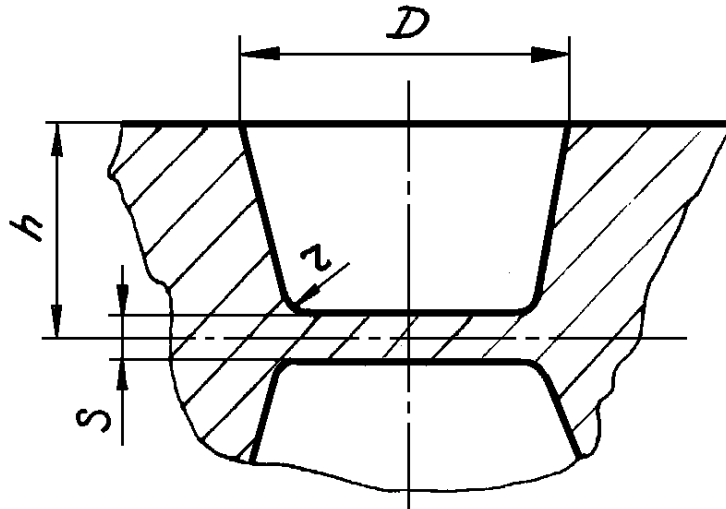


Рис.2. Форма плоскої перемички під пробивання отвору

Товщину перемички  $S$  можна також визначити за наближеною формулою:  $S = 0,1D$ , але не менше 4 мм.

На основі викладеного і з урахуванням ГОСТ 3.1126-88 розроблено креслення поковки колеса зубчастого (дод. 3) та технічні умови на її виготовлення та контроль [1].

При розробці креслення деякі розміри поковки округлені. Розрахункові значення технологічних напусків на сторону, викликаних штампувальними уклонами, наведені табл. 3.

## 2.6. Визначення маси та розмірів вихідної заготовки

Маса вихідної заготовки  $G_{ЗАГ}$ , необхідна для виготовлення поковки колеса зубчастого на пресі, визначається за формулою [3]:

$$G_{ЗАГ} = G_{ПОК} + G_{ОБЛ} + G_{ВИГ} + G_{ПЕР}, \quad (4)$$

де  $G_{ПОК}$  - маса поковки;  $G_{ОБЛ}$  - маса облою;  $G_{ВИГ}$  - маса відходу металу на вигар;  $G_{ПЕР}$  - маса перемички.

Згідно з п.2.6 ГОСТ 7505-89 розрахункова маса поковки

визначається, виходячи з її номінальних розмірів. У відповідності з цією вимогою за основу взято креслення поковки (дод.3) і розроблено ескіз заготовки (рис.3). Проте визначення об'єму поковки за цим ескізом викликає певні труднощі, тому він замінений простішим (рис. 4), в якому конічні фігури приведені до циліндричних такого ж об'єму. Об'єм поковки розбитий на елементарні фігури. З рис.4 витікає:

$$V_{\text{ПОК}} = -V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 - V_6 - V_7; \quad (5)$$

$$V_1 = \frac{3,14 \cdot 63,6^2}{4} \cdot 29,5 = 93671 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = \frac{3,14 \cdot 110,4^2}{4} \cdot 39,25 = 375532 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = \frac{3,14 \cdot (188,5^2 - 110,4^2)}{4} \cdot 12 = 219901 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = \frac{3,14 \cdot (241,1^2 - 188,5^2)}{4} \cdot 36,5 = 647459 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = \frac{3,14 \cdot 89,8^2}{4} \cdot 32,25 = 204151 \text{ мм}^3;$$

$$V_6 = \frac{3,14 \cdot 58,6^2}{4} \cdot 35 = 94348 \text{ мм}^3;$$

$$V_7 = \frac{3,14 \cdot 52^2}{4} \cdot 7 = 14858 \text{ мм}^3;$$

Згідно з формулою (5):

$$V_{\text{ПОК}} = 1244166 \text{ мм}^3 \approx 1244 \text{ см}^3;$$

$$G_{\text{ПОК}} = V_{\text{ПОК}} \cdot \gamma = 1244 \cdot 7,85 = 9,76 \text{ кг.}$$

Уточнене значення коефіцієнта використання металу  $K_{\text{ВМ}} = 7,4/9,76 = 0,76$ .

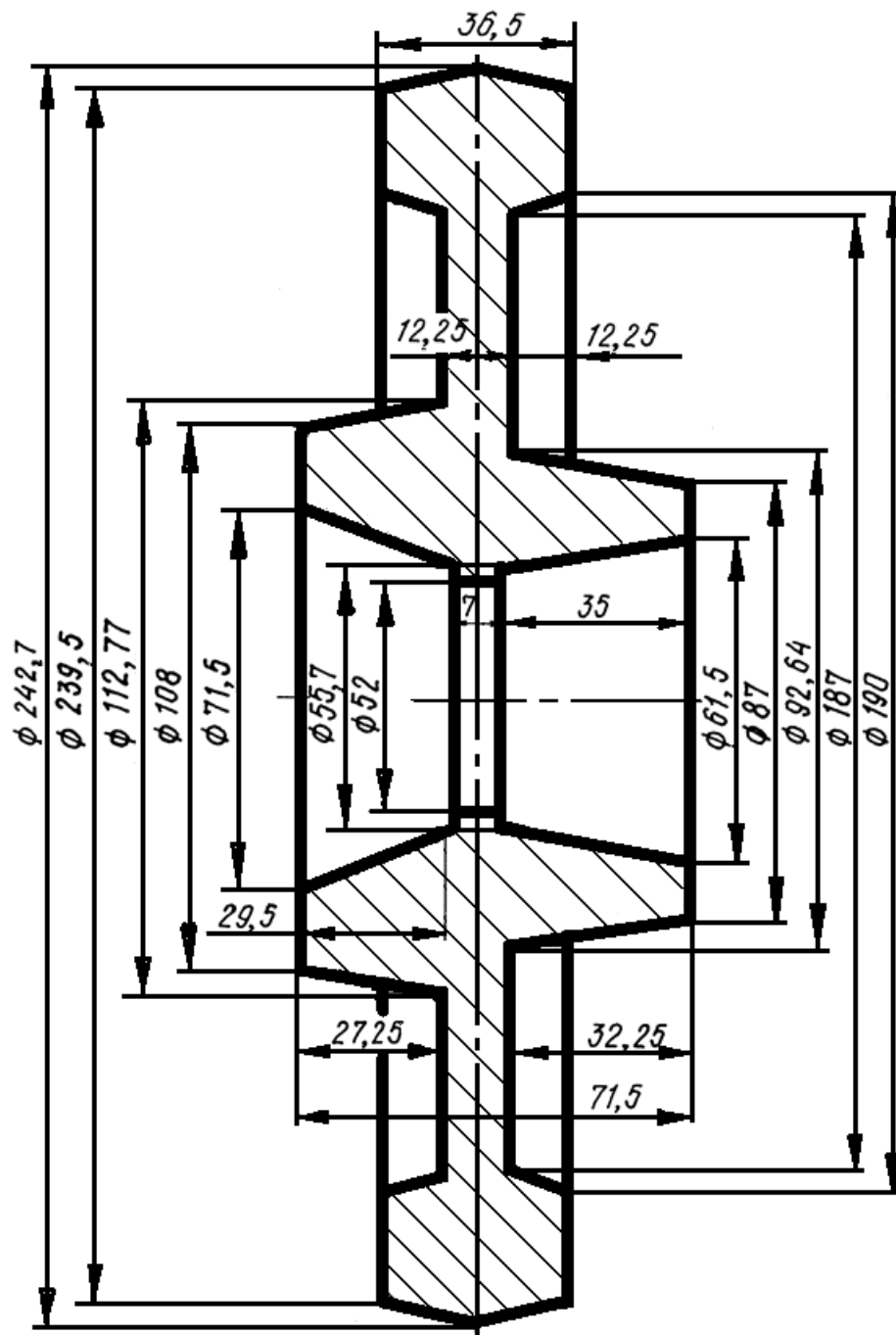


Рис.3. Ескіз поковки для визначення її маси

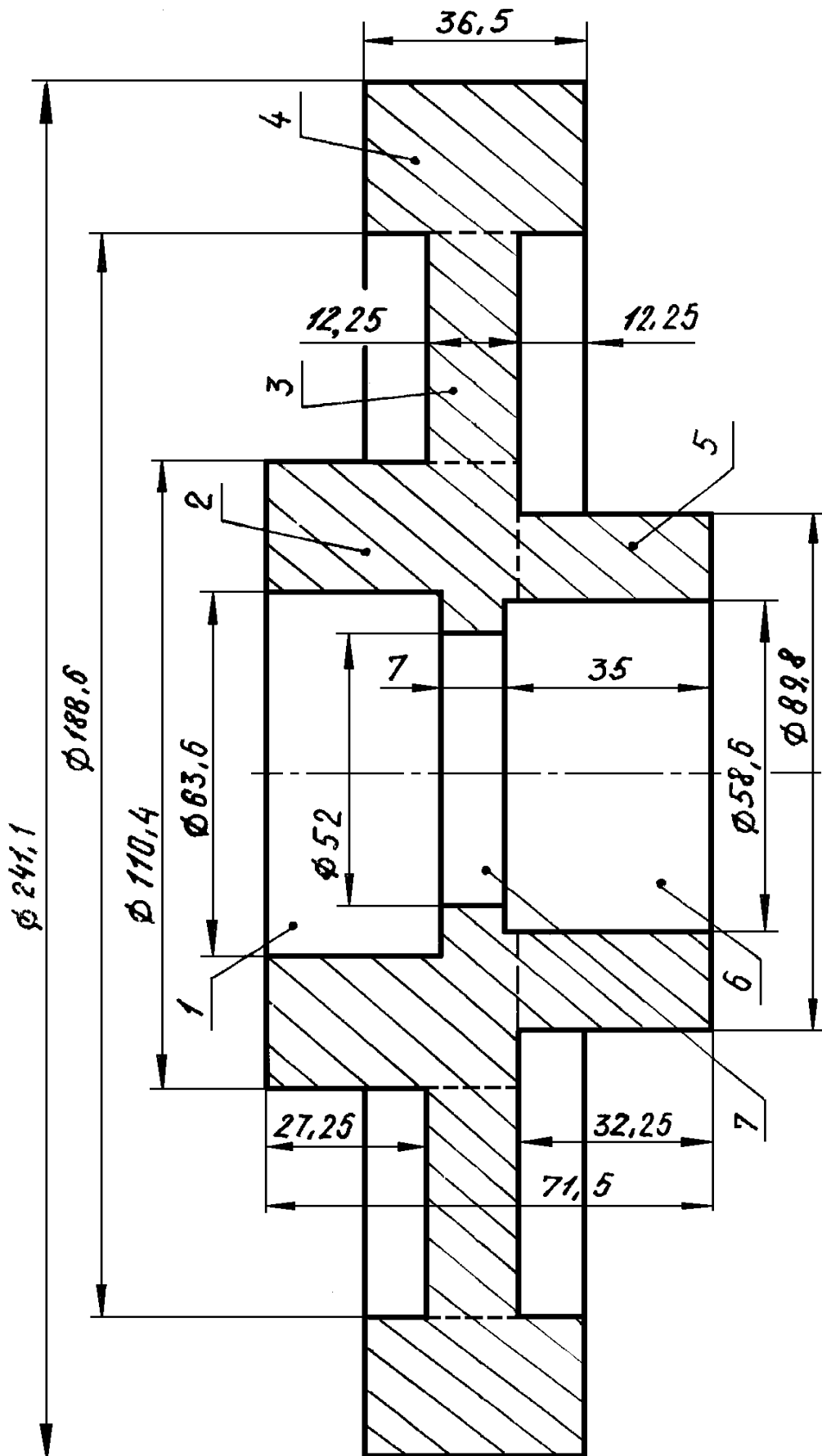


Рис.4. Приведений ескіз поковки для визначення її маси

Відмітимо, що точна маса поковки, яка дорівнює 9,76 кг, дещо менша від попередньо визначеної орієнтовної маси поковки, що дорівнювала 11,1 кг і за якою ми визначали вихідний індекс. Ураховуючи, що маса вихідної заготовки збільшиться на масу облою, перемички та вигару, і, очевидно, перевищить 10 кг, значення вихідного індексу не змінюємо.

Згідно з [1]:

$$G_{\text{ОБЛ}} = (0,5...0,8) \cdot \gamma \cdot F_{\text{ОБЛ}} \cdot L, \text{ г} \quad (6)$$

де  $\gamma$  - густина металу, г/см<sup>3</sup>;  $F_{\text{ОБЛ}}$  - площа поперечного перерізу канавки для облою, см<sup>2</sup>;  $L$  - периметр поковки по лінії рознімання, см .

З рис. 1 витікає:

$$L = \pi \cdot D_{\text{ОБЛ}} = 3,14 \cdot 29,5 = 92,63 \text{ см};$$

$$G_{\text{ОБЛ}} = 0,6 \cdot 7,85 \cdot 3,05 \cdot 92,63 = 1330 \text{ г} = 1,33 \text{ кг}.$$

Згідно з рис. 4 маса перемички дорівнює масі фігури 7:

$$G_{\text{ПЕР}} = 14,86 \cdot 7,85 = 116,6 \text{ г}.$$

Згідно з ([6], с.67) масу відходу металу на вигар при нагріванні в газовій методичній печі приймаємо рівною 2% від маси поковки з облоєм та перемичкою.

Маса вихідної заготовки згідно з (4) :

$$G_{\text{ЗАГ}} = 1,02 \cdot (9,76 + 1,33 + 0,117) = 11,43 \text{ кг}.$$

Остаточна маса вихідної заготовки уточнюється експериментально при випробуванні штампів.

Поковки круглої форми типу штампованої заготовки зубчастого колеса виготовляють осадкою в торець та прошивкою. Для штампування на пресі приймаємо величину  $m$  ( відношення довжини вихідної заготовки  $L_{\text{ЗАГ}}$  до її діаметра  $d_{\text{ЗАГ}}$ ) рівною 2,8 ([1]).

Тоді розрахункове значення діаметра вихідної заготовки:

$$d_{\text{ЗАГ.РОЗР.}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_{\text{ЗАГ}}}{m}},$$

$$\text{де } V_{\text{ЗАГ}} = G_{\text{ЗАГ}} / \gamma = 11430 / 7,85 = 1456 \text{ см}^3,$$

$$\text{тобто } d_{\text{ЗАГ.РОЗР.}} = 1,08 \cdot \sqrt[3]{\frac{1456}{2,8}} = 86,85 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 2590-71 /6, с. 17/ підбираємо найближчий більший діаметр круглого прокату, що дорівнює 90 мм /3, с. 676/ , та уточнюємо довжину вихідної заготовки:

$$L_{\text{ЗАГ}} = V_{\text{ЗАГ}} / F_{\text{ЗАГ}} = V_{\text{ЗАГ}} / \pi \cdot r^2 = 1456 / (3,14 \cdot 4,5^2) = 22,898 \text{ см} = 229 \text{ мм.}$$

Вихідні заготовки будемо відрізувати за допомогою закритих кривошипних ножиць моделі Н1534 ([5], с.27).

Остаточна довжина вихідної заготовки:

$$L_{\text{ЗАГ}} = 229 \pm 2 \text{ мм.}$$

## 2.7. Обґрунтування вибору обладнання, визначення зусилля штампування та вибір преса

Попередньо ми намітили застосувати для виготовлення поковки колеса зубчастого кривошипний гарячештампувальний прес (КГШП). Ці преси витискають з виробництва молоти і розповсюджені у великосерійному та масовому виробництві поковок середніх мас. Даний вид обладнання дорогий, однак пристосований для високо механізованого та автоматизованого виробництва поковок. Ці преси допускають ексцентричне розміщення ривчаків у штампі, оснащені нижніми та верхніми виштовхувачами, але мають постійну довжину робочого ходу, що не дозволяє деформувати заготовку в одному ривчаку за декілька ходів повзуна. Швидкість у момент початку деформації цих пресів не перевищує 0,6...0,8 м/с; зусилля деформації складає 6,2...98 МН і доходить навіть

до 120 МН.

Широке застосування цих пресів для об'ємного штампування пояснюється такими їх перевагами перед молотами:

1) більш високий ККД. КГШП з індивідуальним електродвигуном мають економічний (приведений до енергії палива) ККД в 2 та більше разів вищий, ніж молоти, і він досягає 6-8 %;

2) більш висока продуктивність за рахунок скорочення кількості ударів у кожному рівчаку до одного;

3) підвищена точність розмірів поковок.

Постійність довжини ходу повзуна преса зменшує відхилення розмірів поковок за висотою. Більш досконалі конструкції штампів на пресах забезпечують менше зміщення верхньої та нижньої частин штампів, у зв'язку з чим точність розмірів поковок підвищується. На практиці можлива точність роботи на КГШП характеризується найменшими допусками: 0,2...0,5 мм замість 0,8...1,0 мм при штампуванні на молотах;

4) вищий коефіцієнт використання металу. Наявність зменшених припусків є наслідком більш досконалої конструкції штампів КГШП, оснащених верхніми та нижніми виштовхувачами, а іноді і направляючими колонками. Економія металу досягає десятків відсотків;

5) поліпшення умов праці;

6) зниження собівартості продукції. При штампуванні на КГШП вартість продукції знижується за рахунок зменшення витрат металу та вартості експлуатації.

Основні недоліки кривошипних пресів: висока вартість, можливість заклинювання і поломки їх у крайньому нижньому положенні повзуна. На вивід преса з такого положення витрачається багато часу.

Викладене дозволяє стверджувати, що тип штампувального обладнання підібраний правильно.

Максимальне зусилля штампування на пресі виникає в остаточному



ривчаку, коли поковка має найнижчу температуру і найбільші розміри в плані, а надлишок металу утворює облой.

При штампуванні з облоєм розрахункове зусилля для круглих у плані поковок ([6], с.220), МН:

$$P = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot D) \cdot (1,1 + 20 / D)^2 \cdot \sigma_B \cdot F_{\Pi}, \quad (7)$$

де  $D$  - максимальний діаметр круглої в плані поковки, мм;  $F_{\Pi}$  – площа проекції поковки (без облою) на площину рознімання штампів, м;  $\sigma_B$  – гра-ниця міцності штампованого металу при температурі штампування, МПа.

Для сталі 25ХГТ  $\sigma_B = 70$  МПа ([1]. За формулою (7) зусилля штампування:

$$P = 8 \cdot (1 - 0,001 \cdot 243) \cdot (1,1 + 20/243)^2 \cdot 70 \cdot 3,14 \cdot 0,243^2/4 = 27,47 \text{ МПа} = 2747 \text{ тс.}$$

Остаточо вибираємо модель кривошипного преса КА8546 /5, с. 100/ з максимальним зусиллям штампування 40 МН (4000 тс).

## 2.8 Визначення кількості переходів і розробка схеми технологічного процесу виготовлення поковки колеса зубчастого

Деформація металу на КГШП характеризується жорстким характером кривої зміни шляху повзуна в часі. У кожному ривчаку для даного розміру заготовок можливий лише певний ступінь деформації за один робочий хід преса. Якщо прес виконує таку ж роботу, як і еквівалентний молот, то основний час штампування скорочується пропорційно кількості ударів молота у кожному ривчаку штампа.

При штампуванні з циліндричних заготовок осадкою в торець круглих у площині рознімання поковок застосовуються такі заготовчі ривчаки та їх комбінації [6].

1. Проста поковка, діаметр заготовки близький до діаметра поковки – штампування в одному остаточному ривчаку.

2. Проста поковка, але діаметр заготовки значно менший від діаметра поковки– осадка на плоских бойках і остаточне штампування.

3. Складна конфігурація поковки, діаметр заготовки близький до діаметра поковки – попереднє і остаточне штампування.

4. Складна конфігурація поковки і значна різниця між діаметрами заготовки і поковки – осадка, попередній і остаточний рівчаки штампів.

5. Дуже складна конфігурація поковки з глибокими порожнинами та високими виступами – осадка з фасонуванням, попереднє і остаточне штампування.

6. Поковка складна типу кільця або шків з масивним ободом і тонким диском, з течією металу у середину порожнини та по периферії – у середині порожнини необхідний магазин для вільного виходу металу до центру поковки.

Форму та розміри поковки по переходах і відповідні їм рівчаки визначають у порядку, зворотньому технологічному процесові. При розгляданні форми та розмірів остаточного рівчака проектують максимально спрощену заготовку попередньої форми, з якої можна одержати готову поковку за одне обтискання в остаточному рівчаку. Потім визначають необхідний рівчак для одержання попередньої форми, можливість її одержання з вихідної заготовки або необхідність застосування одного або двох рівчаків для надання заготовці необхідних проміжних форм.

Правильне вирішення цього завдання забезпечить мінімальну кількість переходів, добру якість поковки, невеликий відхід металу в облой та виявить, які конкретно рівчаки будуть необхідні і які будуть розміри заготовки за переходами.

Аналіз показав, що для виготовлення поковки зубчастого колеса ступеня складності С4 доцільно використати два переходи: 1) фігурна осадка; 2) остаточне штампування. Для обрізування облою та пробивання

центрального отвору додатково застосовуємо обрізний штамп суміщеної дії.

Ескізи проміжних заготовок при штампуванні, а також після пробивання отвору та обсікання облою наведені в дод.4.

Технологічний процес виготовлення поковки колеса зубчастого включає такі операції:

002. Транспортна

Прутки подаються в цех -  $\frac{90 \text{ ГОСТ } 2590 - 71}{25X \text{ ГОСТ } 4543 - 71}$  (Прокат).

005. Контрольна.

1. Перевірити марку сталі за пофарбуванням та клеймом на торцях (3 % партії).

2. Перевірити профіль (3-5 прутків з партії ) штангенциркулем ШЦ-I-125-0,1 (ГОСТ 166-73).

010. Розпакування.

015. Різання заготовок з нагріванням.

1. Завантажити прутки в піч (газова нагрівальна з температурою до 600 °С ).

2. Нагріти прутки до  $t = 550^{\circ} \text{C}$ .

3. Видати пруток з печі на рольганг кривошипних прес-ножиць моделі Н1534 з номінальним зусиллям  $P = 2,5 \text{ МН}$  (250 тс).

4. Відрізати заготовку довжиною  $L = 229 \pm 2 \text{ мм}$  (лінійка 1-500 мм).

020. Контрольна.

Перевірити розміри заготовок (3 % партії)-лінійка 1-500 мм (ГОСТ427-75).

025. Транспортна.

Транспортувати заготовки на дільницю штампування.

030. Нагрівання заготовок.

1. Завантажити заготовки в піч.

2. Нагріти заготовки до температури кування - 1200 °С (піч газова методична; час нагрівання - 3І хв ([6], с. 40).

3. Подати нагріту заготовку ланцюговим транспортером на робоче місце для штампування.

035. Контрольна.

Контролювати температуру нагрівання заготовок 2-3 рази за зміну оптичним пірометром ОППІР-0173 (ГОСТ 8335-74).

040. Штампування за два переходи.

1. Фігурна осадка до  $h = 100$  мм – КГШП – 40 МН ( 4000 тс).

2. Остаточне штампування - КГШП - 40 МН (4000 тс ). Температурний інтервал штампування - 1160...830 °С. Температура кінця штампування не вища 870 °С, але не нижча 800 °С ([5], с.38). Окалина видаляється протягом усього часу штампування (повітряний ніпель). Штмп змащують водним розчином сульфонату технічного марки А через 3-4 поковки за допомогою пензля та стисненого повітря.

045. Обрізування облою.

1. Обрізати облой та пробити отвір  $\varnothing 52$  мм у гарячому стані - прес обрізний Р : = 4 МН (400 тс), штмп суміщеної дії.

2. Перевірити якість обрізки облою та пробивання отвору зовнішнім оглядом.

050. Контрольна.

Перевірити відповідність усіх розмірів поковки креслення та ТУ(2% партії).

055. Транспортна.

Транспортувати поковки на термообробку.

060. Термообробка первинна.

Нормалізація - нагрівання поковок до температури 950...970 °С; видержка та охолодження в спокійному повітрі. НВ 167. ..207.

065. Транспортна.

Транспортування поковок на очистку.

070. Очистка поковок.

1. Завантажити поковки в дробометальний агрегат.
2. Очистити поковку від окалини.
3. Перевірити якість очищення поковки зовнішнім оглядом.

075. Транспортна.

Транспортувати поковки на зберігання (в склад готової продукції).

## 2.9. Визначення вартості поковки

Вартість штампованих заготовок визначають за Прейскурантом 25-01, 1991 р. або за методикою, викладеною в ([1], [11]). Згідно з цією методикою вартість поковки:

$$S_{\text{ЗАГ}} = \left( \frac{Q \cdot C}{1000} \cdot K_T \cdot K_{\text{ТО}} \cdot K_C \cdot K_{\text{ПР}} \cdot K_B \cdot K_Y \cdot K_M \right) - \frac{(Q - q) \cdot S_{\text{ВІДХ}}}{1000}, (8)$$

де  $C$  - базова вартість 1т заготовок, крб. (для штампованих заготовок базова вартість 1т поковок масою 9,76 кг, групи складності С4, з сталі марки 35 визначається з табл. Д.4.4 [1], лінійним інтерполюванням:

$$C = 526 + \frac{542 - 526}{11,25 - 9} \cdot (11,25 - 9,76) = 536,6 \text{ крб.}$$

$K_T$  – коефіцієнт, що ураховує доплату за точність поковки (для поковок з легованої сталі класу точності Т4 згідно з табл. Д.4.1. [1],

$$K_T = 1,08);$$

$K_{\text{ТО}}$  – коефіцієнт, що ураховує доплату за термічну, термохімічну обробку та очищення поковок (згідно з [3], табл. 17 с. 102 для забезпечення твердості поковки НВ 167...207 і рівномірної структури застосовуємо нормалізацію, тобто за табл. Д.4.2 [1], вартість 1т поковок збільшиться на 28 крб. і дорівнюватиме  $C=536,6+28=564,6$  крб.);

$K_C$  – коефіцієнт, що ураховує групу серійності (для 2-ої групи

серійності згідно з табл. Д.4.3 [1], доплати відсутні, тобто  $K_C = 1,0$ );

$K_{ПР}$  – коефіцієнт, що ураховує доплати за виготовлення поковок з труб або каліброваної сталі (у нашому випадку як вихідний матеріал застосовуємо гарячекатану сталь, тому  $K_{ПР} = 1,0$ );

$K_B$  – коефіцієнт, що ураховує доплату за випробування поковок III, IV, та V груп за ГОСТ 8479-70 (для поковок I та II груп доплата не передбачена ([1], тобто  $K_B = 1,0$ );

$K_U$  – коефіцієнт, що передбачає доплату за випробування ультразвуковою дефектоскопією (у нашому випадку такі випробування не передбачені, тобто  $K_U = 1,0$ );

$K_M$  – коефіцієнт, що ураховує відмінність марки матеріалу поковки від базової марки сталі 35 (згідно з табл. Д.4.5 [1], для сталі марки 25ХГТ приймаємо  $K_M = 1,24$ );

$Q$  – маса поковки ( $Q = 9,76$  кг);

$q$  – маса деталі ( $q = 7,40$  кг);

$S_{ВІДХ}$  - вартість 1т зданої стружки ( за табл.Д.4.6 [1],  $S_{ВІДХ} = 27$  крб.).

Остаточна згідно з (8) вартість поковки колеса зубчастого визначиться:

$$S_{ЗАГ} = \left( \frac{9,76 \cdot 564,6}{1000} \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,24 \right) - \frac{(9,76 - 7,40) \cdot 27}{1000} = 7,31 \text{ крб.}$$

## 2.10. Контроль якості поковки колеса зубчастого

Поковка гр. II. НВ 167...207 (ГОСТ 8479-70).

Контроль виконують згідно з ГОСТ 8479-70.

Кожну поковку контролювати зовнішнім оглядом.

Визначення твердості - 5 % від партії поковок, але не менше п'яти штук.

Твердість за Брінеллем визначається у відповідності з ГОСТ 9012-59.

Відбір проб для визначення хімічного складу металу поковок проводиться у відповідності з ГОСТ 7565-66.

Хімічний аналіз металу поковок виконується за ГОСТ 2331-63, ГОСТ 12344-66 - ГОСТ 12365-66.

Контроль усіх розмірів поковки ( 2% партії ) згідно з кресленням і ТУ штангенциркулем 250 мм та шаблоном.

Перевірити відсутність дефектів у поверхневих та підповерхневих шарах (порушень суцільності, волосовин, тріщин, розшарувань та ін.) магнітопорошковим методом неруйнівного контролю - 100% партії [9].

## 2.11.Охорона праці

Робітники повинні пройти ввідний інструктаж по правилах, що забезпечують безпеку праці, і інструктаж на робочому місці. Запис про проведення інструктажу оформляється в спеціальному журналі з зазначенням дати та підписами того, хто проводив інструктаж, і того, хто одержав його.

Частини обладнання, що швидко рухаються та обертаються, повинні бути огорожені. На робочих місцях ковалів установлюють огорожу, що захищає людей від відлітаючої окалини, а також місцеву вентиляцію. Необхідно чітко виконувати правила електропротипожежної безпеки. При установленні і кріпленні штампів необхідно застосовувати засоби малої механізації.

Робітник повинен працювати в спецодязі, спецвзутті, рукавицях, захисних окулярах та касці.

Щоб запобігти випадковому включенню, пускову педаль необхідно розмістити в заглибленні станини або закрити з усіх боків міцним кожухом, відкритим тільки з зони обслуговування і виключаючим можливість випадкового натискання на неї.

## 2.12. Висновки

У результаті виконаної роботи розроблено креслення поковки і ТУ на її виготовлення та контроль, а також схему технологічного процесу.

Колесо зубчасте виготовляють з сталі 25ХГТ ГОСТ 4543-71. Маса деталі - 7,40 кг; маса поковки - 9,76 кг;  $K_{BM} = 0,76$ .

Характеристики вихідної заготовки:

- маса вихідної заготовки - 11,43 кг;
- діаметр заготовки - 90 мм;
- довжина заготовки -  $225 \pm 2$  мм.

Вихідну заготовку відрізають на закритих кривошипних ножицях моделі Н1534 при температурі  $\approx 550$  °С.

Поковка другої групи серійності, ступінь складності - С4, група сталі - М2, клас точності - Т4, вихідний індекс - 17, ГОСТ 7505-89; Гр. II ГОСТ 8479-70, НВ167...207.

Виготовляється поковка штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі КА 8546 з зусиллям 40 МН за два переходи у відкритому штампі:

- фігурна осадка вихідної заготовки до висоти 100 мм;
- остаточне штампування.

Вихідну заготовку нагрівають до 1200 °С в методичній газополуменевій печі. Температура кування - 1160...830 °С.

Обсікання облою і прошивання отвору виконується в гарячому стані на обрізному пресі в штампі сумісної дії.

Термічною обробкою поковок є нормалізація з нагріванням до  $t=950...970$ °С, видержкою та охолодженням у спокійному повітрі. Твердість поковки після термообробки НВ 167...207.

Поковки очищують у дробометальному агрегаті.

Контроль виконується, як для поковок Гр. II НВ 167...207 ГОСТ



8479-70. Вартість поковки - 7,31 крб. (у цінах 1990 р.).

### 2.13. Особливості розробки креслення і технології виготовлення поковок видовженої форми

Штамповані заготовки видовженої форми (важелі, тяги, шатуни та ін.) виготовляють переважно на молотах або пресах у відкритих багаторівчачових штампах:

Штампкування виконують поперек осі (плазом). При цьому можуть бути використані такі рівчаки: перетискний, підкатний, протяжний, згинальний, попередній і остаточний штампувальний, відрубний. Для обрізування облою і остаточного пробивання отворів використовують окремі штампи.

Креслення поковки та ГУ на її виготовлення і контроль розробляють за тим же правилами, що і при штампванні в торець, використовуючи ГОСТ 7505-89. Проте визначення розмірів вихідної заготовки та кількість переходів штампкування мають свої особливості [1].

Як приклад розглянемо спрощене креслення шатуна (Рис.5), виготовленого з сталі 40Х. Маса – 0,90 кг, об'єм деталі – 114,4 см<sup>3</sup>. Відсутні розміри, граничні відхилення, радіуси переходів і штампувальні уклони можуть бути проставлені тільки після розробки креслення поковки.

За відомою методикою [1] визначимо: поковка 3-ої групи серійності – Т5 (ГОСТ 7505-89); група сталі – М2; вихідний індекс - 14. Нагрівання вихідної заготовки – індукційне. Штампкування виконують на молотах у багаторівчачовому відкритому штампі. У поковці доцільно прошити наскрізний отвір під Ø50Н7. Отвір Ø25Н7 одержимо механічною обробкою різанням.

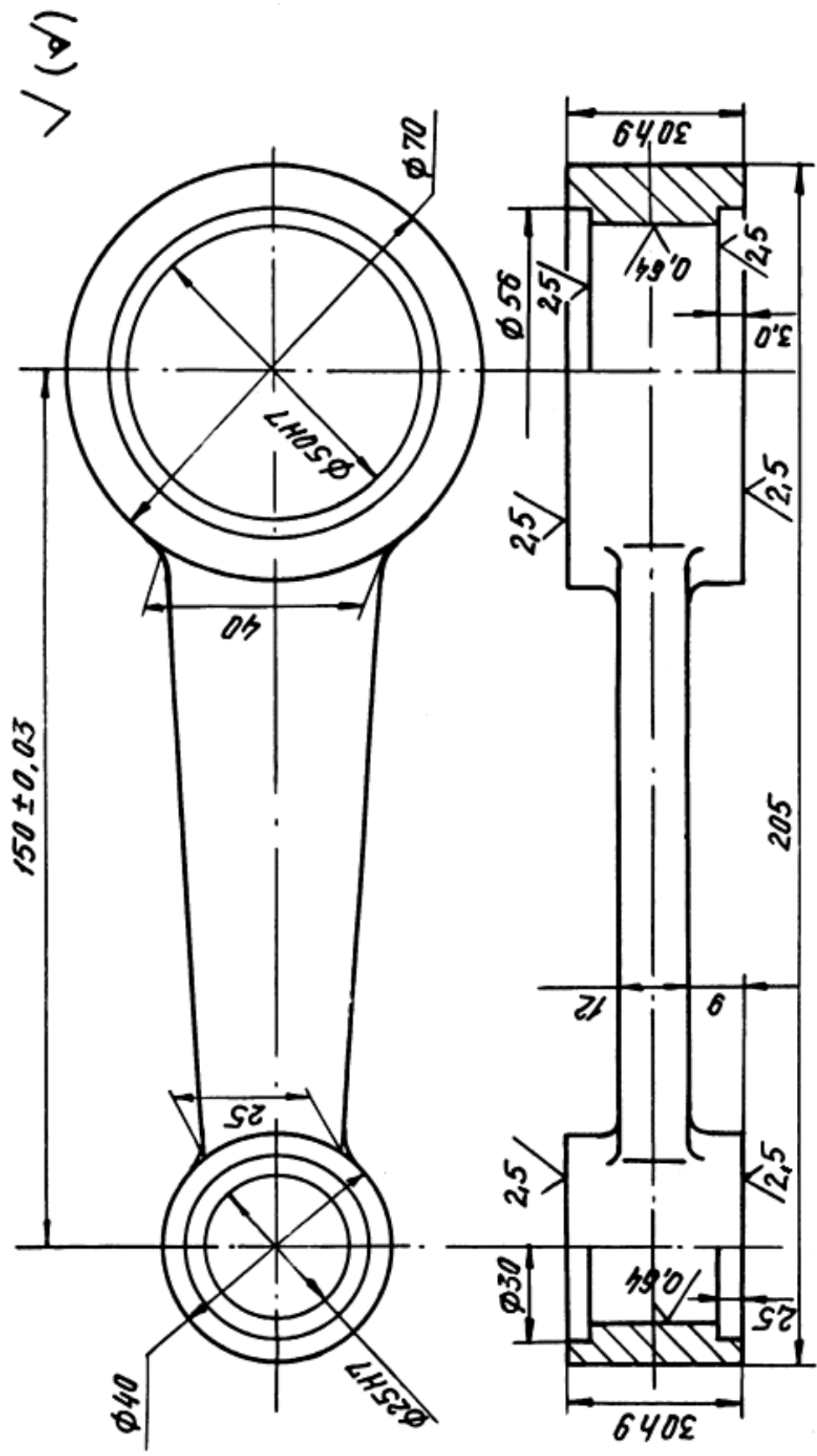
Згідно з ГОСТ 7505-89 розроблено креслення поковки (рис. 6). З нього

визначаємо, що об'єм поковки:  $V_{\text{пок}} = 187,3 \text{ см}^3$ , а її маса складає  $G_{\text{пок}} = 1,47 \text{ кг}$  (при  $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ ). Таким чином  $K_{\text{вм}} = G_{\text{дет}}/G_{\text{пок}} = 0,90/1,47 = 0,61$ .

Очевидно, що після розроблення креслення поковки форма і розміри необроблюваних поверхонь деталі на рис. 5 повинні бути приведені у відповідність з кресленням поковки (рис.6), і остаточне креслення деталі, що запускається у виробництво, повинно ураховувати ці зміни. При цьому  $K_{\text{вм}}$  збільшується.

За формулами (4) та (6) визначили, так само як і для штампування на пресах, що  $G_{\text{заг}} = 1,89 \text{ кг}$ ,  $V_{\text{заг}} = 240633 \text{ мм}^3$ . При цьому фактична площа поперечного перерізу облою складає  $0,96 \text{ см}^2$  (коефіцієнт заповнення облойної канавки металом прийнятий рівнем 0,6).

Для визначення форми і розмірів вихідної заготовки необхідно побудувати розрахункову заготовку, епюру перерізів і за діаграмою А.В Ребельського визначити кількість переходів (кількість рівчаків у штампі) при штампуванні поковки шатуна. За методикою, наведеною в ([1]; [7]; [10]), будуюмо розрахункову заготовку і епюру перерізів (рис.7).



1. Сталь 40Х
2. Твердість НВ 197...207
3. Маса - 0,90 кг

Рис. 5. Шагун

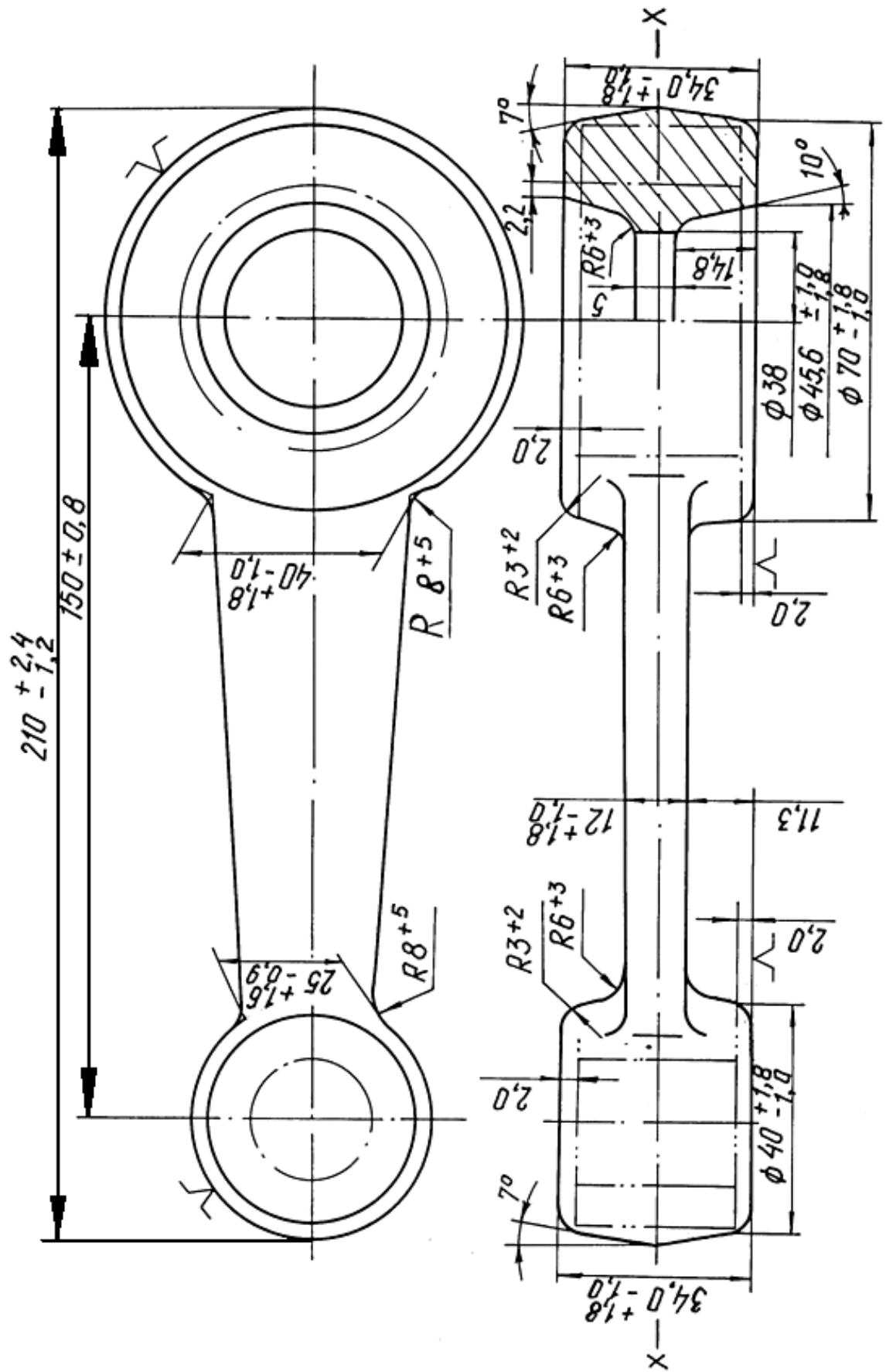


Рис.6. Поковка шагуна

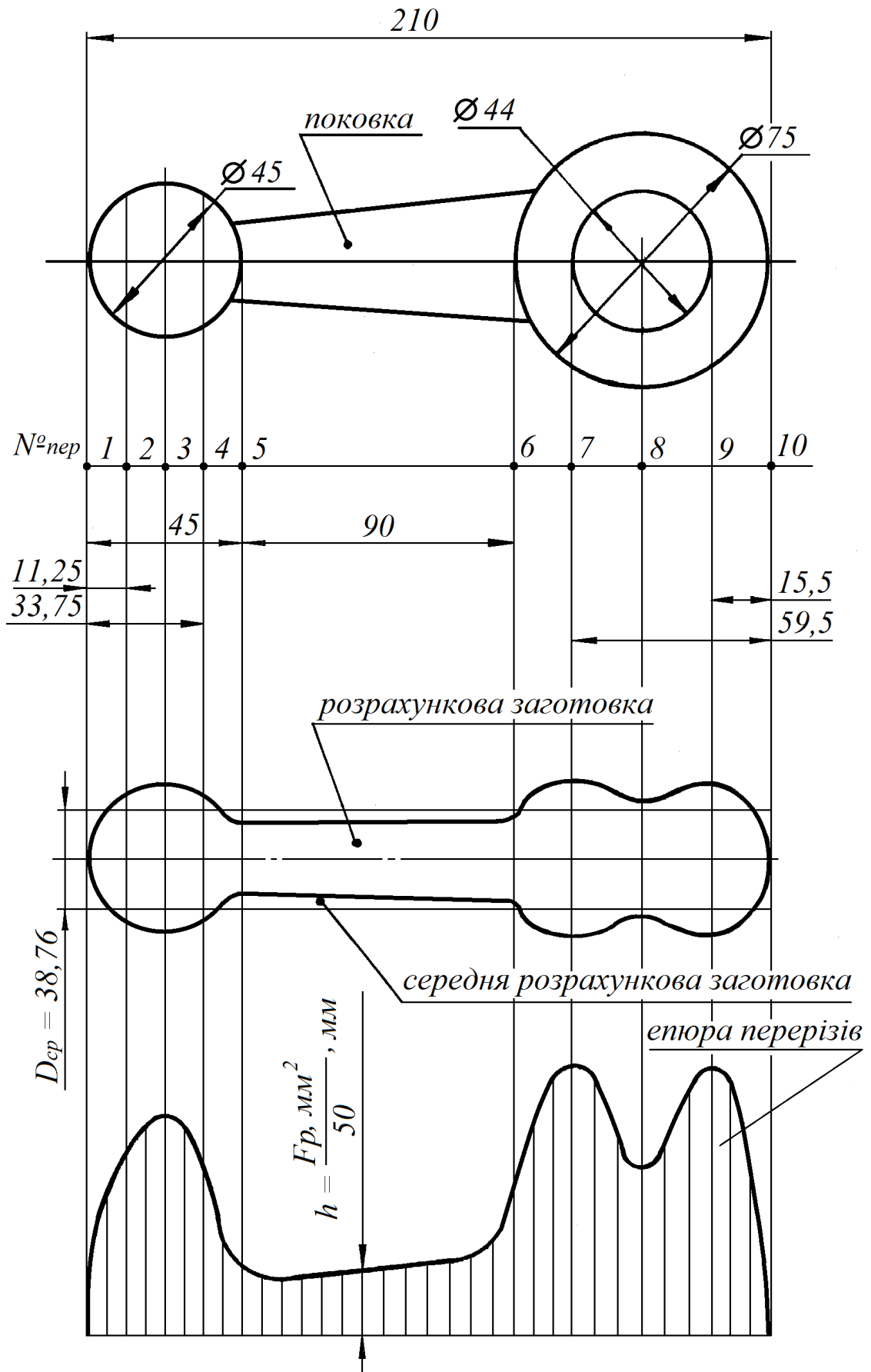


Рис.7. Елементарна розрахункова заготовка та епюри її перерізів

При побудові заготовку по довжині розділимо десятьма перерізами. Розрахункові площі поперечних перерізів  $F_P$  поковки з урахуванням облою, перемички і відходів металу на вигар і відповідні приведені діаметри розрахункової заготовки указані в табл. 5.

Таблиця 5

Значення площ перерізів  $F_P$  і розрахункових приведених діаметрів  $D_P$  елементарної розрахункової заготовки

|                    |   |      |      |      |      |     |      |      |      |    |
|--------------------|---|------|------|------|------|-----|------|------|------|----|
| Номер перерізу     | 1 | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    | 10 |
| $F_P, \text{мм}^2$ | 0 | 1390 | 1604 | 1390 | 330  | 528 | 2174 | 1238 | 2174 | 0  |
| $D, \text{мм}$     | 0 | 42   | 45   | 42   | 20,5 | 26  | 53   | 40   | 53   | 0  |

При побудові епюри перерізів розрахункової заготовки масштаб 1:50, тобто 1 мм. висоти відповідає  $50 \text{ мм}^2$  площі перерізу (рис. 7).

Відповідно з ([1]; [7]; [10]) площа поперечного перерізу середньої розрахункової заготовки:

$$F_{\text{СЕР}} = V_{\text{ЗАГ}} / L_{\text{ПОК}} = (G_{\text{ЗАГ}} / \gamma) / L_{\text{ПОК}} = 1177 \text{ мм}^2,$$

а діаметр середньої розрахункової заготовки:

$$D_{\text{СЕР}} = 1,13\sqrt{F_{\text{СЕР}}} = 38,76 \text{ мм.}$$

Використовуючи одержані результати, згідно з ([1]; [7]; [10]) визначаємо:

$$\alpha = D_{\text{МАКС}}/D_{\text{СЕР}} = 53 / 38,76 = 1,37;$$

$$\beta = L_{\text{ПОК}}/D_{\text{СЕР}} = 210 / 38,76 = 5,42;$$

$$c = (D_{\text{К}} - D_{\text{МИН}}) / l_{\text{С}} = (26-20,5) / 100 = 0,055.$$

За діаграмою А.В. Ребельського ([1], с.28; [7], с.216; [10], с.82) знаходимо, що для виготовлення поковки шатуна необхідно передбачити такі рівчаки: заготовчі – протяжний та підкатний закритий: штампувальні – попередній та остаточний. Крім того, при штампуванні на молоті

поковки шатуна необхідно передбачити кліщовину, а для її відділення від поковки– відрубний рівчак.

Приймаємо діаметр кліщовини  $D_{\text{кл}} = 30$  мм, її довжину  $L_{\text{кл}} = 40$  мм.

Для визначення площі поперечного перерізу вихідної заготовки  $F_{\text{В}}$  згідно з ([1]; [7]; [10]) необхідно знайти об'єм непротягнутої частини заготовки і її довжину. З рис. 7 видно, що можна не протягувати дві частини вихідної заготовки, розміщені в зоні великої та малої головок.

Для зони великої головки:

$$F_{\text{В1}} = \frac{V_1}{L_1} = \frac{122311}{62} = 1972,76 \text{ мм}^2,$$

$$D_{\text{В1}} = 50,19 \text{ мм},$$

де  $V_1$  – повний об'єм великої головки з урахуванням облою, перемички та

вигару;  $L_1$  - довжина непротягнутої частини ( $L_1 = 62$  мм).

Для зони малої головки:

$$F_{\text{В2}} = \frac{V_2}{L_2} = \frac{59663}{30} = 1988,77 \text{ мм}^2,$$

$$D_{\text{В2}} = 50,39 \text{ мм},$$

де  $V_2$  - повний об'єм малої головки з урахуванням облою та вигару;  $L_2$  – довжина непротягнутої частини ( $L_2 = 30$  мм).

Виходячи з викладеного за ГОСТ 2590-71 підбираємо діаметр вихідної заготовки  $D_{\text{В}} = 50$  мм. Тоді її довжина:

$$L_{\text{В}} = \frac{V_3}{F_{\text{В}}} = \frac{240633 \cdot 4}{3,14 \cdot 50^2} = 122,6 \text{ мм.}$$

Остаточню, з урахуванням об'єму металу на кліщовину, приймаємо

$$L_{\text{В}} = 122,6 + 14,4 = 137 \pm 1 \text{ мм.}$$

Ескізи вихідної заготовки і заготовки після протяжного і підкатного рівчаків показані на рис.8. Ураховуючи, що при обробці в підкатному та штампувальному рівчачах заготовка буде трохи видовжуватися,

приймаємо довжину протягнутого стержня між головками рівною 82 мм (рис. 8б).

Після підкатного рівчака заготовку обробляють у попередньому та остаточному штампувальних рівчаках, у відрубному рівчаку кліщовина відрізається від заготовки.

Обрізку облою і пробивання отвору виконують у штампі сумісної дії на кривошипному обрізному пресі.

#### 2.14. Особливості розробки креслення і технології виготовлення поковок при штампуванні на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ)

На ГКМ за один або декілька переходів з прутків, круглих заготовок або з товстостінних труб виготовляють переважно поковки, що мають форму тіл обертання, з віссю, яка співпадає з віссю вихідного прутка. Це поковки типу стержнів з висадженими частинами, поковки кілець з прошитими наскрізними отворами, поковки типу вал-шестерня та ін.

Основними переходами, виконуваними на ГКМ, є висадка, прошивка, видавлювання, гнуття, обрізка, відрізка, сплющування та ін. Виконуються в набірних, формувальних, пробивних, відрізних, обрізних та спеціальних рівчаках.

Штамування на ГКМ має такі особливості: поковки в більшості випадків виготовляють з прокату підвищеної точності в закритих штампах, тобто без облою, що зменшує витрати металу, виключає необхідність застосування обрізних рівчаків або штампів; завдяки наявності двох взаємно перпендикулярних площин рознімання штампів зменшуються або виключаються штампувальні уклони; стабільна величина робочого ходу

повзуна з блоком пуансонів дозволяє виготовляти поковки підвищеної точності утворюється доброякісна текстура металу, оскільки його волокна не перерізаються, а вигинаються.



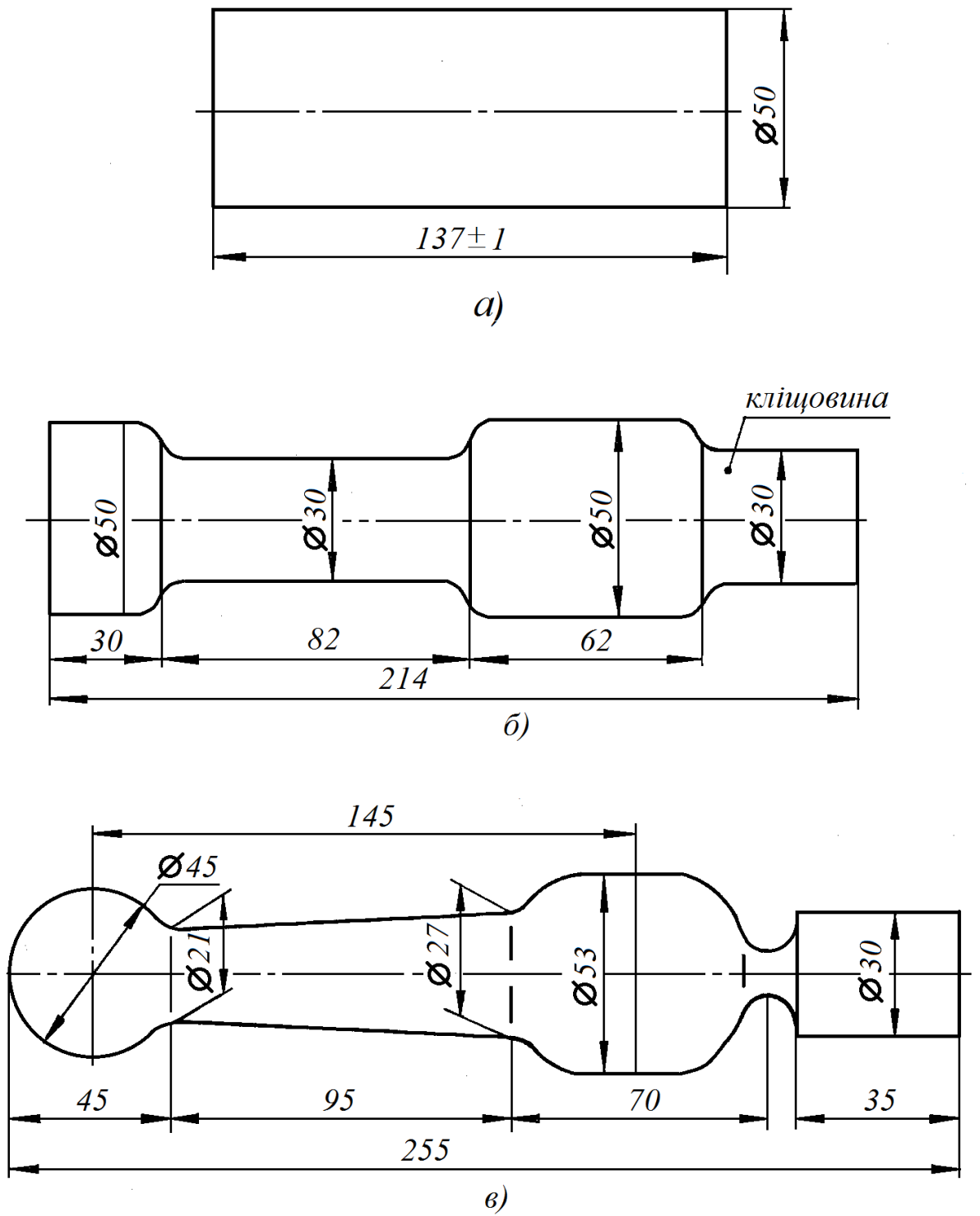


Рис.8. Ескізи вихідної заготовки (а) та заготовок, одержуваних після протяжного (б) та підкатного закритого (в) рiвчакiв.

Креслення поковки і ТУ на її виготовлення та контроль розробляють за тими ж правилами, що і при штампуванні на пресах і молотах, використовуючи ГОСТ 7505-89. Але визначення кількості переходів та розмірів вихідної заготовки має свої особливості ([1]; [6]; [7]).44

Як приклад розглянемо спрощене креслення фланця (рис. 9), що виготовляється з сталі 45. Маса - 0,731 кг, об'єм деталі - 93,178 см<sup>3</sup>. Відсутні розміри, граничні відхилення, радіуси переходів і штампувальні уклони при необхідності можуть бути проставлені тільки після розробки креслення поковки.

За відомою методикою визначили /I/: поковка 2-ої групи серійності (великосерійне виробництво ); ступінь складності - С3; клас точності -Т4; група сталі - М2; вихідний індекс - 12 (ГОСТ 7505-89). Вихідною заготовкою є пруток підвищеної точності. Нагрівання вихідної заготовки – індукційне. Штампування виконуємо на ГKM в багаторівчаковому закритому штампі (безоблойне штампування). Ступінчасті отвори Ø9/Ø15 одержуємо механічною обробкою різанням.

Аналіз конструкції деталі показав, що площа рознімання між блоком матриць і блоком пуансонів повинна проходити перпендикулярно до осі заготовки, на рівні торця фланця Ø84 мм. У блоці матриць буде формуватися частина поковки з боку стержня Ø22f6 та виступу Ø35h9, включаючи фланець, а в блоці пуансонів - частина поковки з боку Ø30k7.

На усіх частинах поковки, що формуються в блоці матриць, штампувальні уклони не передбачені. Вони передбачені тільки на Ø30, що формується в блоці пуансонів.

Згідно з ГОСТ 7505-89 розроблено креслення поковки (рис.10), з якого визначили, що її об'єм  $V_{\text{пок}} = 140,493 \text{ см}^3$ , маса  $G_{\text{пок}} = 1,10 \text{ кг}$  ( $\gamma = 7,85 \text{ г/см}^3$ ). Таким чином,

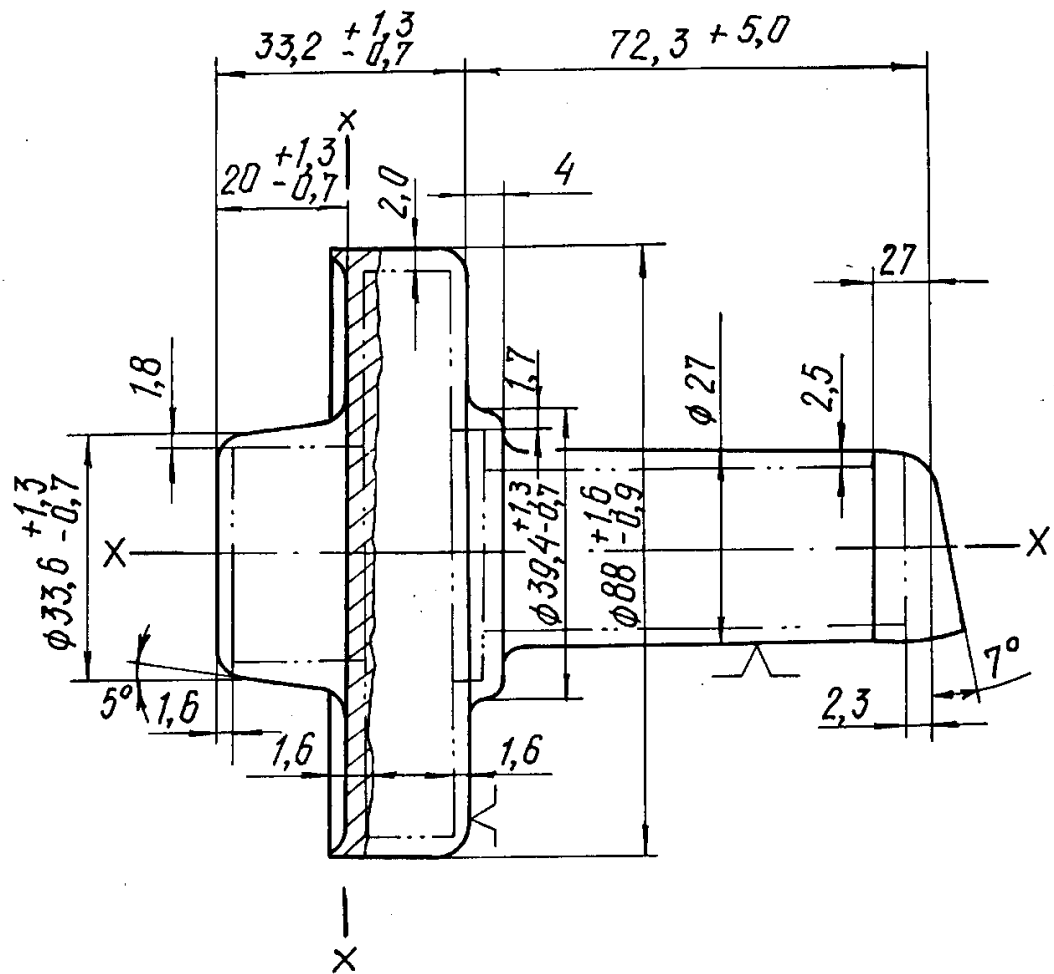
$$K_{\text{вм}} = 0,731/1,10 = 0,66.$$

За ГОСТ 7505-89 величина припуску на обробку  $\varnothing 22f6$  складає 1,8 мм на сторону, і якщо б цей стержень деформувався, то його діаметр на кресленні поковки дорівнював би  $25,6_{-0,7}^{+1,3}$  мм. Проте при штампуванні на ГKM ця частина вихідної заготовки не деформується і дорівнює діаметрові вихідного прутка круглого перерізу. Остаточо за ГОСТ 2590-71 приймаємо

$$D_B = 27 \text{ мм.}$$

З креслення поковки визначили, що об'єм висаджуваної частини поковки  $V_D = 105072 \text{ мм}^3$ .





1. Поковка Гр. II ГОСТ 8479-70. НВ 240...280
2. Клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С3, вихідний індекс –12, ГОСТ 7505-89.
3. Допустима величина зміщення по поверхнях рознімання штампа - до 0,5 мм.
4. Допустима величина заусенця по контуру пуансона - до 3,0 мм.
5. Незазначені радіуси: зовнішні -  $2^{+1}$  мм; внутрішні -  $4^{+2}$  мм.

Рис.10. Поковка фланця.

Довжина висаджуваної частини вихідного прутка:

$$L = \frac{4 \cdot V_D}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 10507^2}{3,14 \cdot 27^2} = 183,6 \text{ мм}$$

Визначаємо відносну довжину висаджуваної частини:

$$\eta = \frac{L}{d} = \frac{183,6}{27} = 6,8.$$

Оскільки  $\eta > \eta_K = 2,5 \dots 3,0$  і не задовольняє першого правила висадки ([1]; [7]; [10]), то необхідні набірні переходи.

Визначаємо об'єм набірного переходу  $V_{\Pi}$ , котрий повинен бути більшим від об'єму висаджуваного металу, щоб полегшити роботу штампа і виключити утворення облою та браку:

$$V_{\Pi} = i \cdot V_D = 1,05 \cdot 105072 = 110325,6 \text{ мм}^3,$$

де коефіцієнт  $i = 1,03 \dots 1,1$ .

У першому набірному рівчаку передбачаємо циліндричний набір металу в блоці матриць.

При наборі в циліндричній порожнині матриці або пуансону згідно з другим правилом висадки [1] задаємо  $D$  і  $A$  визначаємо  $L_{\Pi}$ ,  $L_{\Pi}$  (рис.11а). Приймаємо  $D = 33,5$  мм ( $D$  не повинен бути більшим  $1,5d$ ),  $A = 26,6$  мм ( $A$  не повинен бути більшим  $d$ ).

Тоді:  $L_{\Pi} = L - A = 183,6 - 26,6 = 157$  мм;

$$L_{\Pi} = \frac{4 \cdot V_{\Pi}}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 110325,6}{3,14 \cdot 33,5^2} = 125,2 \text{ мм.}$$

Визначаємо відносну довжину одержаного першого переходу  $\eta_1$  і визначимо необхідність виконання другого набірного переходу:

$$\eta_1 = \frac{L_{\Pi}}{D} = \frac{125,2}{33,5} = 3,74.$$

Оскільки  $\eta_1 > \eta_K$  то необхідний другий набірний перехід.

У другому переході передбачаємо конічний набір в пуансоні (рис. 11

б). При конічному наборі задаємо  $d_K = (1...1,1)d$  та  $D_K$  і згідно з третім правилом висадки [1] визначаємо  $L_K$  і  $A$ . Приймаємо  $d_K = 33,5$  мм,  $D_K = 1,5 d_K = 50$  мм. Тоді:

$$L_K = \frac{12 \cdot V_{\Pi}}{\pi \cdot (D_K^2 + D_K \cdot d_K + d_K^2)} = \frac{12 \cdot 110325,6}{3,14 \cdot (50^2 + 50 \cdot 33,5 + 33,5^2)} = 79,6 \text{ мм};$$

$$A = L - L_K = 125,2 - 79,6 = 45,6 \text{ мм.}$$

Оскільки відстань  $A$  тільки в 1,36 більша від вихідного (для даного переходу) діаметра (допускається в 2 рази), то в пуансоні може бути реалізований другий конічний набір.

Після другого набору:

$$\eta_2 = \frac{L_K}{D_{\text{СЕР}}} = \frac{2 \cdot L_K}{D_K + d_K} = \frac{2 \cdot 79,6}{50 + 33,5} = 1,91$$

Таке значення  $\eta$  задовольняє вимоги першого закону висадки [1], тобто можна в формувальному остаточному рівнянні (третьій перехід) штампувати поковку фланця.

Четвертий перехід – від вихідного прутка у відріжному рівнянні відокремити поковку відносним зсувом при ході бокового повзуна з рухомою матрицею.

Ескізи заготовок, одержаних у результаті двох перших набірних переходів, показані на рис.11. Форма заготовки після третього переходу повністю відповідає кресленню поковки, але вона ще не відділена від вихідного прутка (рис. 12).

Після розробки креслення поковки при необхідності вносять відповідні зміни в креслення деталі.

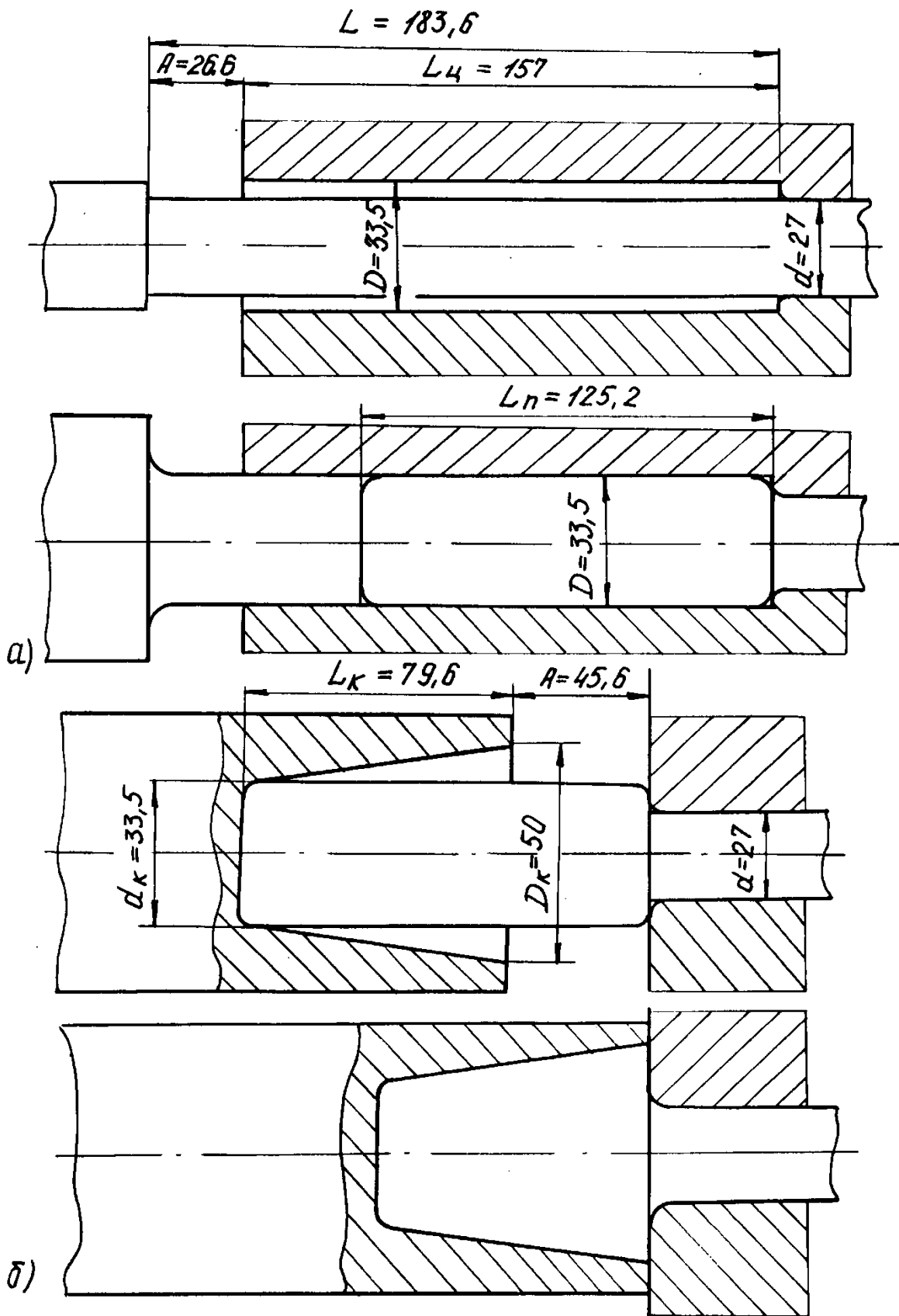


Рис.11. Схема виконання першого (а) та другого (в) переходів



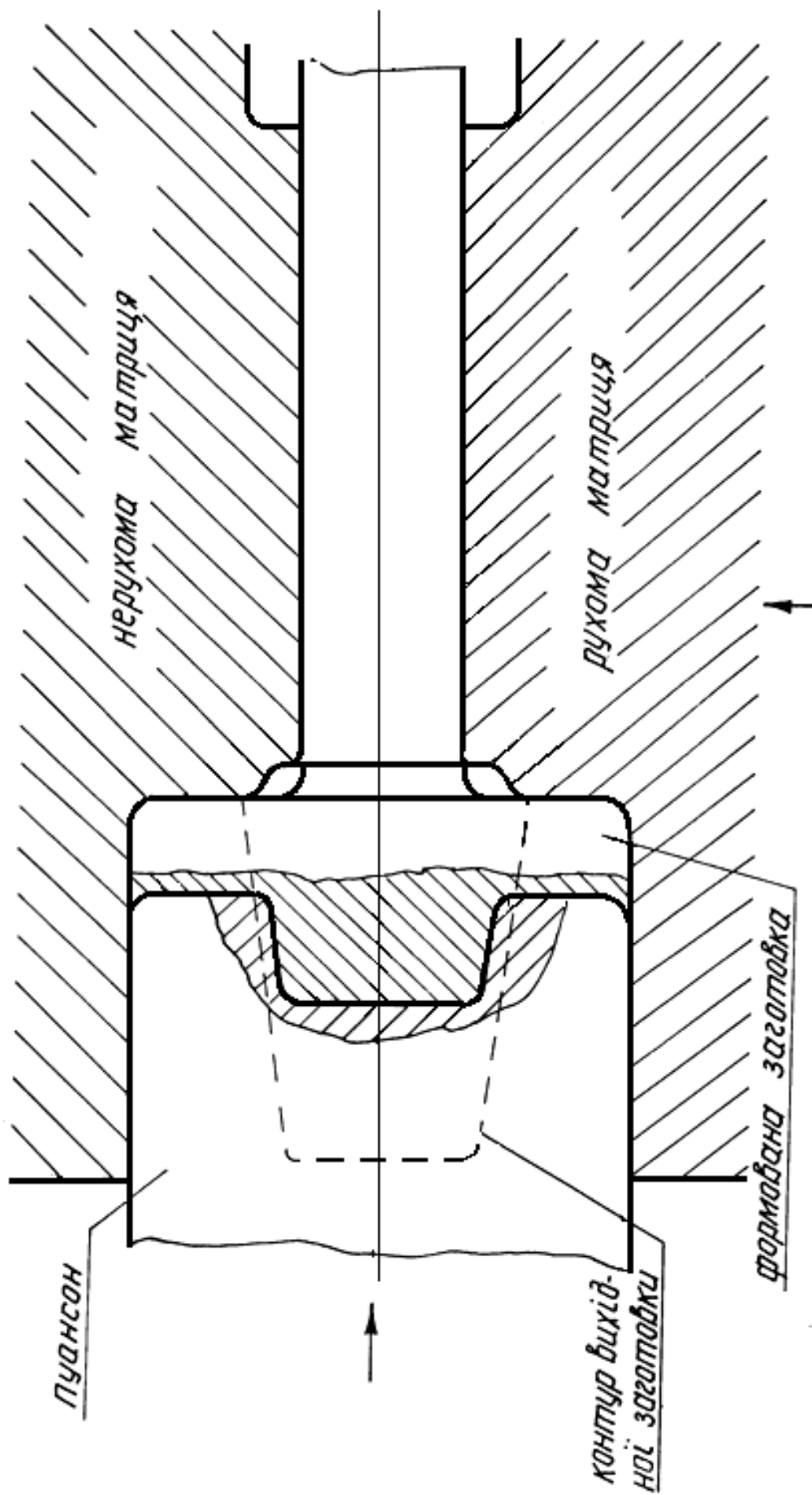


Рис.12. Схема виконання 3-го переходу

## ДОДАТКИ

### Додаток 1

Список державних стандартів, які широко застосовуються при розробці креслень та технологічних процесів виготовлення поковок

1. ГОСТ 82-70. Сталь прокатная широкополосная универсальная. Сортамент.
2. ГОСТ 103-76, Полоса стальная горячекатаная. Сортамент.
3. ГОСТ 550-75. Трубы стальные бесшовные для нефтепереработки и нефтехимической промышленности. Технические условия.
4. ГОСТ 380-71. Сталь углеродистая общего назначения. Марки и технические требования.
8. ГОСТ 1050-74. Сталь углеродистая, качественная. Технические условия.
6. ГОСТ 2.424-80. Правила выполнения чертежей штампов.
7. ГОСТ 2590-71. Сталь горячекатаная круглая. Сортамент.
8. ГОСТ 2591-71. Сталь горячекатаная квадратная. Сортамент.
9. ГОСТ 2879-69. Сталь горячекатаная шестигранная. Сортамент.
10. ГОСТ 4543-71. Сталь легированная, конструкционная. Технические условия.
11. ГОСТ 4784-74. Алюминий и сплавы деформируемые. Марки.
12. ГОСТ 5157-83. Профили стальные горячекатаные разных назначений. Сортамент.
13. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие, жаропрочные. Марки и технические требования.
14. ГОСТ 7062-79. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски.

19. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

16. ГОСТ 7829-70. Поковки из углеродистой и легированной стали, изготавливаемые свободной ковкой на молотах. Припуски и допуски.

17. ГОСТ 8479-70 Поковки из конструкционной и легированной стали. Технические требования.

18. ГОСТ 8731-74 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия.

19. ГОСТ 8732-78 Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент.

20. ГОСТ 8734-75 Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные. Сортамент.

21. ГОСТ 15830-84 Обработка металлов давлением. Штампы. Термины и определения.

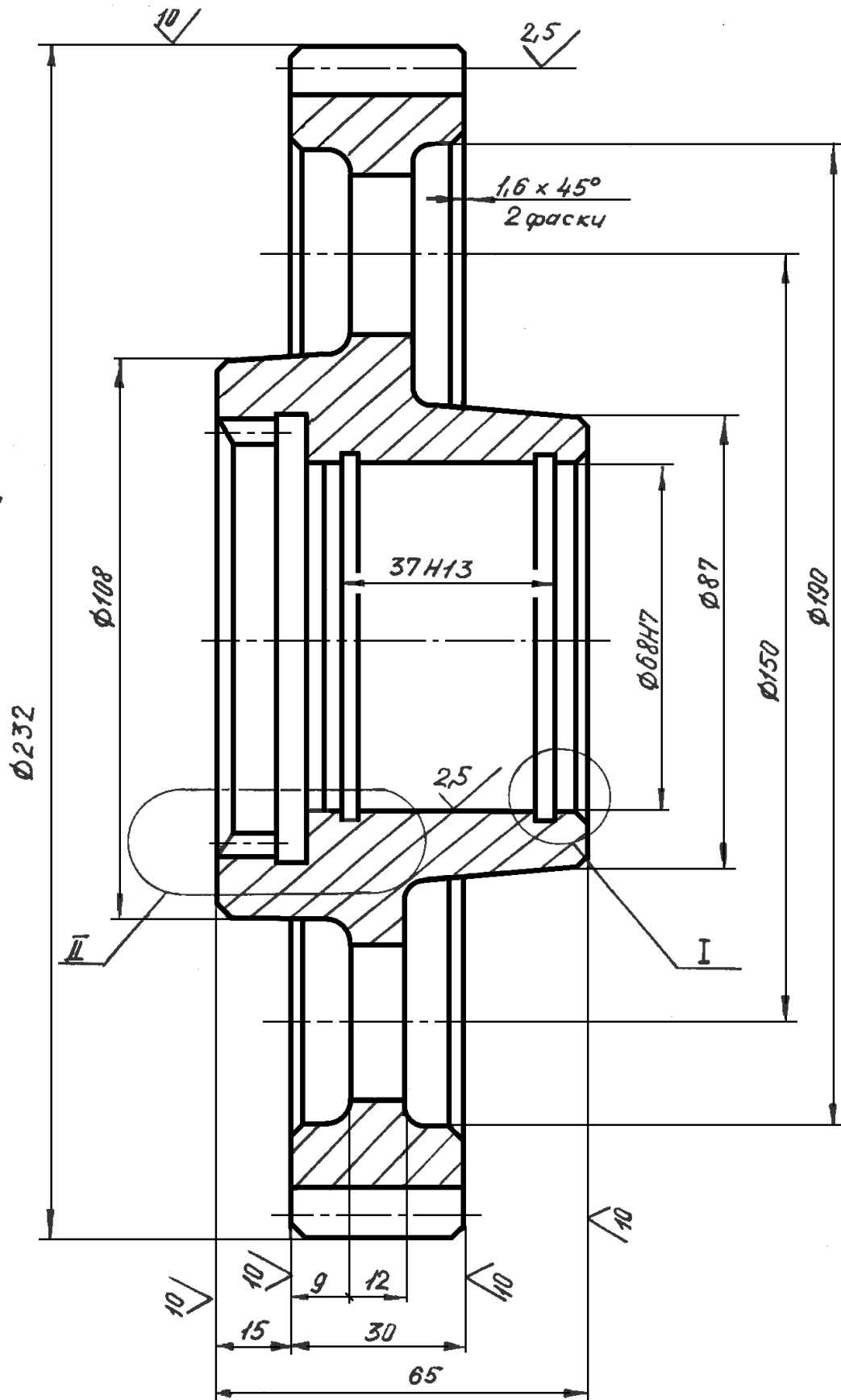
22. ГОСТ 18323-86 Оборудование кузнечно-прессовое. Термины и определения.

23. ГОСТ 18970-84 Обработка металлов давлением. Операцииковки и штамповки. Термины и определения.

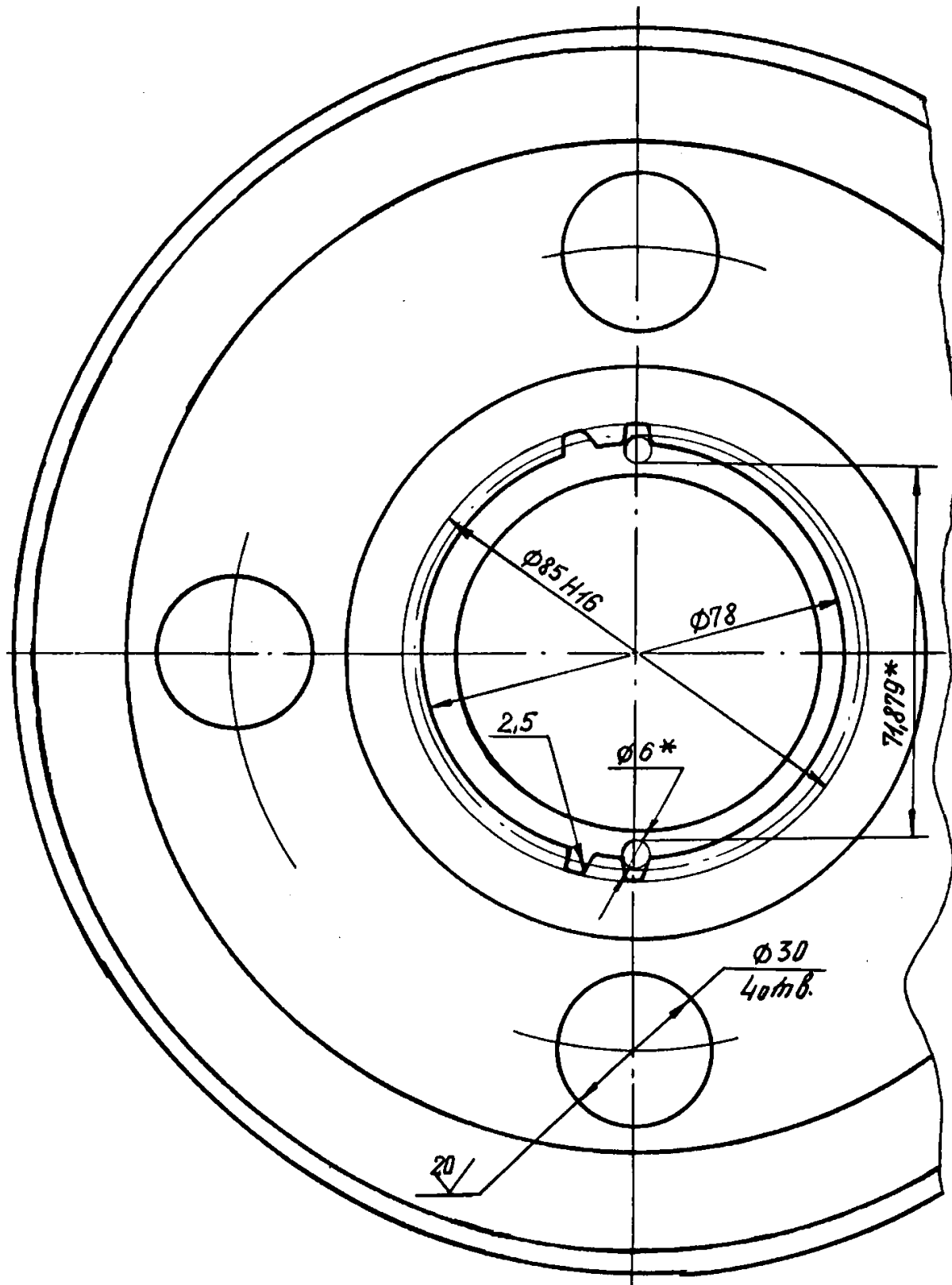
24. ГОСТ 19807-74 Титан и титановые сплавы, обрабатываемые давлением. Марки.

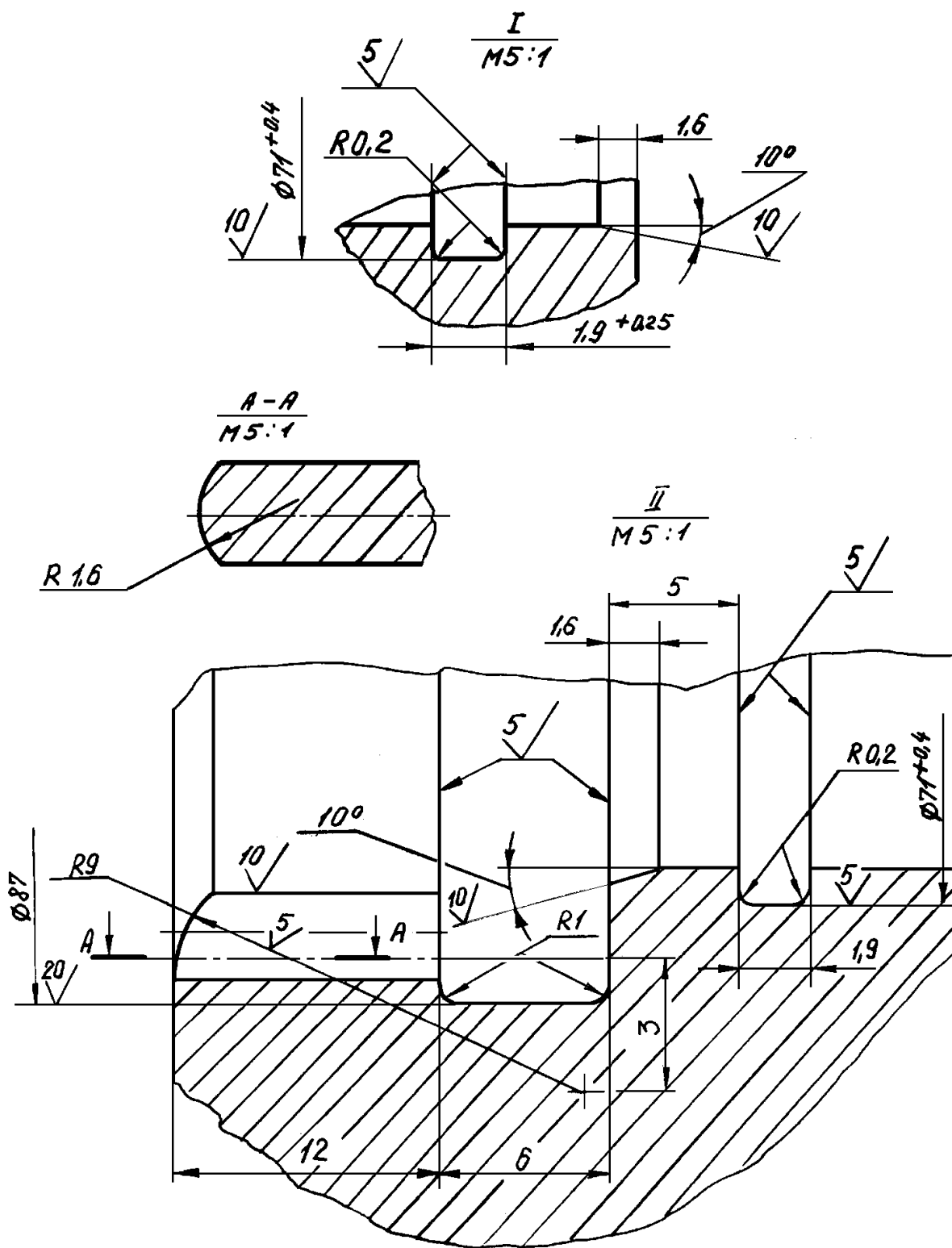
25. ГОСТ 3.1126-88 Правила выполнения графических документов на поковки.

26. ГОСТ 3.1706-83 Правила записи операций и переходов. Ковка и горячая штамповка.



Дод.2 (продовження)





✓(✓)

|                                      |                 |   |
|--------------------------------------|-----------------|---|
| <b>Модуль</b>                        | <b><i>m</i></b> | <b>4</b>  |
| <b>Кількість зубів</b>               | <b><i>z</i></b> | <b>56</b>                                       |
| <b>Номінальний вихідний контур</b>   |                 | <b>ГОСТ 1375-81</b>                             |
| <b>Коефіцієнт зміщення</b>           | <b><i>x</i></b> | <b>0</b>  |
| <b>Ступінь точності ГОСТ 1643-81</b> |                 | <b>10-9-9 Bc</b>                                |
| <b>Довжина спільної норм.</b>        | <b><i>w</i></b> | <b>79. B928<sup>-0,16</sup><sub>-0,44</sub></b> |
| <b>Дільний діаметр</b>               | <b><i>d</i></b> | <b>224</b>                                      |
|                                      |                 |   |

1. Зуби цементувати 0,6...1,4 HRC 59...64
2. \* - Розміри для довідок

|                  |                  |               |             |  |                            |                |                    |               |
|------------------|------------------|---------------|-------------|--|----------------------------|----------------|--------------------|---------------|
|                  |                  |               |             |  | <b>ВМТ 63. 18. 01. 003</b> |                |                    |               |
|                  |                  |               |             |  |                            | <b>Літ</b>     | <b>Маса</b>        | <b>Масшт.</b> |
| <b>Зм. Арку.</b> | <b>№ док.ум.</b> | <b>Підпис</b> | <b>Дата</b> | <b>Колеса<br/>зубчасте<br/>(поковка)</b> |                            |                | <b>9,76<br/>кг</b> | <b>1:1</b>    |
| <b>Розроб.</b>   | <b>Тимчук</b>    |               |             |  | <b>Аркуш</b>               | <b>Аркушів</b> |                    |               |
|                  |                  |               |             |  |                            |                |                    |               |
|                  |                  |               |             |  |                            |                |                    |               |
| <b>Затверд.</b>  |                  |               |             | <b>Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71</b>          |                            |                | <b>КПІ</b>         |               |





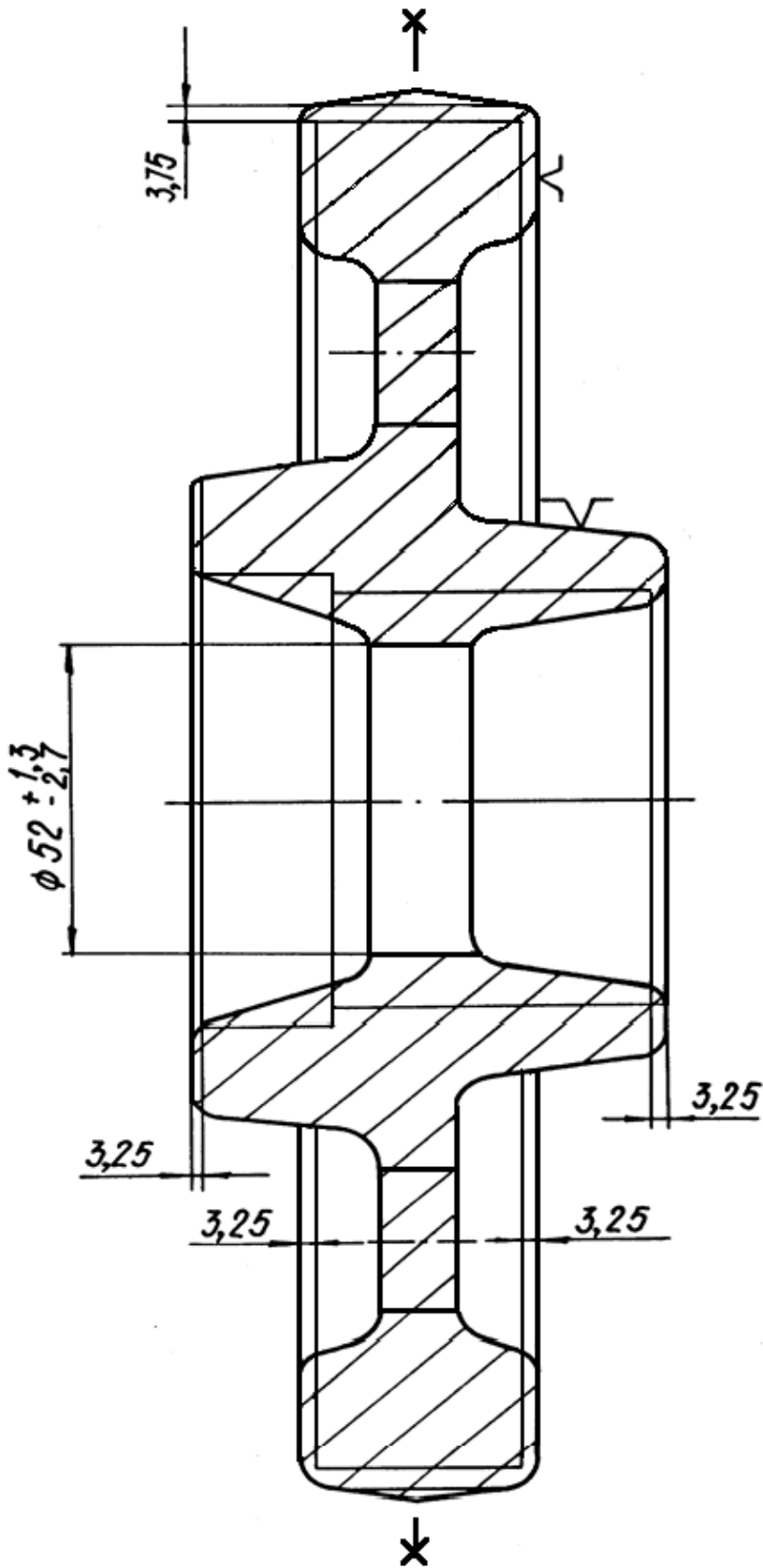
Дод. 3 (закінчення)

1. Поковка Гр. II ГОСТ 8479.70. НВ 167...207.
2. Клас точності - Т4, група сталі - М2, ступінь складності - С4, вихідний індекс - 17, ГОСТ 7505-89.
3. Допустима величина зміщення по поверхні рознімання штампа - до 1 мм.
4. Допустима величина рубчика, що залишається після обрізування облою та пробивання наскрізного отвору - до 1,2 мм.
5. Допустиме радіальне биття циліндричних поверхонь поковки - до 2,0 мм.
6. Незазначені радіуси заокруглень наступні: зовнішні –  $3^{+1}$  мм, внутрішні –  $6^{+2}$  мм.
7. Незазначені уклони: зовнішні -  $5^\circ$ , внутрішні -  $7^\circ$ .
8. Глибина западин від виштовхувачів, вм'ятин, забоїн та інших дефектів до 0,5 величини припуску.
9. \* - Розміри для довідок.

|                  |                  |               |             |  |                                 |                |             |               |
|------------------|------------------|---------------|-------------|--|---------------------------------|----------------|-------------|---------------|
|                  |                  |               |             |  | <i>ВМТ 63. 18. 01. 003</i>      |                |             |               |
|                  |                  |               |             |  |                                 | <i>Літ</i>     | <i>Маса</i> | <i>Масшт.</i> |
| <i>Зм. Арку.</i> | <i>№ док.ум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | <i>Колеса<br/>зубчасте<br/>(поковка)</i> |                                 |                | <i>9,76</i> | <i>1:1</i>    |
| <i>Розроб.</i>   | <i>Тимчук</i>    |               |             |  |                                 |                | <i>кг</i>   |               |
|                  |                  |               |             |  | <i>Аркуш</i>                    | <i>Аркушів</i> |             |               |
|                  |                  |               |             |  | <i>Сталь 25ХГТ ГОСТ 4543-71</i> |                |             |               |
| <i>Затверд.</i>  |                  |               |             |  | <i>КПІ</i>                      |                |             |               |







Ескіз заготовки після обрізки облою та пробивання отвору  
(окрема операція на обсічному пресі у штампі суміщеної дії)

## Список літератури

1. Методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни "Проектування та виробництво заготовок". Ч.2. Розробка технології виготовлення та креслення штампованої заготовки. /Укл. С.С.Добрянський. - К.: НТУУ "КПІ", 1998.
2. Иллюстративный материал к лекционному курсу и самостоятельному изучению дисциплины "Проектирование и производство заготовок" с применением ТСО". Ч.2. Заготовки, изготавливаемые ковкой и объемной штамповкой. Сварные заготовки. Заготовки, изготавливаемые методами порошковой металлургии. Изготовление деталей и заготовок из пластмасс /Сост. С.С.Добрянский, А.П.Кругляк. - К.: КПИ, 1987. - 56 с.
3. Справочник металлиста /Под ред. А.Г.Рахштадта, В.А.Брострема. - М.: Машиностроение, 1976. - Т.2. - 717 с.
4. Иллюстративный материал к лекционному и самостоятельному изучению дисциплины "Проектирование и производство заготовок" с применением ТСО. ч.1. Литые заготовки / Сост. С.С.Добрянский, С.Г.Радченко. - К.: КПИ, 1987. - 49 с.
5. Маликов А.Н. Справочник для работников кузнечно-прессовых цехов. - М.: Моск.рабочий, 1976. - 167 с.
6. Раскинд В.Л. Справочник молодого кузнеца-штамповщика. - М.: Высш.шк., 1985. - 255 с.
7. Бойцов В.В., Трофимов И.Д. Горячая объемная штамповка. - М.: Высш.шк., 1982. - 270 с.
8. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Под ред. А.Ф.Горбачевича. - Минск: Вышэйш.шк., 1983. - 286 с.
9. Зорчев С.Н., Кузьминцев В.Н. Технический контроль поковок. - М.: Высш.шк., 1987. - 167 с.
- 10.Юсипов З.И., Каплин Ю.И. Обработка металлов давлением и

конструкции штампов. - М.: Машиностроение, 1981. - 270 с.

11.Оптовые цены на отливки, поковки и горячие штамповки.

Прейскурант № 25-01 - М.: Прейскурантиздат. 1991. - 230 с.

## ЗМІСТ

|   | Ст. |
|---|-----|
| 1. Загальні положення.....  | 3   |
| 1.1. Мета та завдання роботи.....   | 3   |
| 1.2. Тема та обсяг розрахунково-графічної роботи.....   | 4   |
| 1.3. Оформлення розрахунково-пояснювальної записки та<br>графічної частини.....   | 5   |
| 1.4. Захист розрахунково-графічної роботи.....  | 6   |
| 2. Приклад оформлення розрахунково-графічної роботи.....  | 8   |
| 2.1. Вступ.....   | 10  |
| 2.2. Призначення та конструктивні особливості деталі.....   | 10  |
| 2.3. Характеристика хімічних та фізико-механічних властивостей<br>матеріалу зубчастого колеса.....                            | 12  |
| 2.4. Визначення групи серійності, способу штампування, класу<br>точності, ступеня складності та вихідний індекс поковки.....  | 13  |
| 2.5. Розробка креслення та технічних умов на виготовлення<br>штампованої заготовки.....                                       | 17  |
| 2.6. Визначення маси та розмірів вихідної заготовки.....  | 26  |
| 2.7. Обґрунтування вибору обладнання, визначення зусілля<br>штампування та вибір преса.....                                   | 30  |
| 2.8. Визначення кількості переходив і розробка схемі<br>технологічного процесу виготовлення поковки колеса<br>зубчастого..... | 32  |
| 2.9. Визначення вартості поковки.....   | 36  |
| 2.10. Контроль якості поковки колеса зубчастого.....  | 37  |
| 2.11. Охорона праці.....  | 38  |
| 2.12. Висновки.....   | 39  |
| 2.13. Особливості розробки креслення і технології виготовлення<br>поковок видовженої форми.....                               | 40  |

|   |    |
|---|----|
| 2.14. Особливості розробки креслення і технології виготовлення<br>поковок при штампуванні на горизонтально-кувальних<br>машинах.....              | 47 |
| Додаток 1. Список державних стандартів, які широко застосовуються<br>при розробці креслень та технологічних процесів виготовлення<br>поковок..... | 57 |
| Додаток 2. Колесо зубчасте.....   | 59 |
| Додаток 3. Колесо зубчасте (поковка).....   | 63 |
| Додаток 4. Ескізи заготовки по переходах.....   | 65 |
| Список літератури.....  | 68 |